



TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Automaatio- ja systeemitekniikan osasto

Maria Hänninen

**NÄYTTÖPINTA-ALAN JA RESOLUUTION VAIKUTUKSET
NÄYTÖLTÄ LUKEMISEN TEHOKKUUTEEN JA
KUORMITTAVUUTEEN TOIMISTOTYÖSSÄ**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 15.7.2004.

Työn valvoja

Professori Pirkko Oittinen

| | | | |
|---|--|-------------------------|--|
| TEKNILLINEN KORKEAKOULU Automaatio- ja systeemitekniikan osasto | | DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ | |
| Tekijä Maria Hänninen | | Päiväys 15.7.2004 | |
| | | Sivumäärä 74 + 27 | |
| Työn nimi Näyttöpinta-alan ja resoluution vaikutukset näytöltä lukemisen tehokkuuteen ja kuormittavuuteen toimistotyössä | | | |
| Professuuri Kuvatekniikka | | Koodi AS-75 | |
| Työn valvoja Prof. Pirkko Oittinen | | | |
| Työn ohjaaja | | | |
| <p>Työn tarkoituksena oli selvittää, voidaanko laajakuvakulmaisella, korkearesoluutioisella näytöllä mahdollisesti periferianäköä apuna käyttäen parantaa näytöltä lukemisen tehokkuutta toimistotyössä. Lisäksi haluttiin selvittää, aiheuttaako näytön pinta-alan tai resoluution kasvusta johtuva lisääntynyt visuaalinen informaatio psyykkisen kuormituksen kasvua, vai voidaanko näyttöalan ja resoluution kasvatuksella pienentää käyttäjän työkuormaa.</p> <p>Työn kirjallisuusosassa selvitettiin ihmisen näköjärjestelmän toimintaa sekä lukemisen ja erityisesti näytöltä lukemisesta olevaa tietämystä. Lisäksi käsiteltiin psyykkisen kuormittavuuden käsitettä sekä sen arviointityökaluja.</p> <p>Kokeellisessa osassa erottelukyvyltään noin 200 dpi 22,2” 16:10-kuvasuhteisella LCD-näytöllä suoritettiin kokeet, joissa tutkittiin kolmella eri tavalla suuremmalla alalla ja yhdellä tavalla pienemmässä ikkunassa esitettyjen tekstien lukusuorituksia. Lisäksi tutkittiin resoluution vaikutuksia näytöltä luettaessa. Mitattuja lukemisen kriteerejä olivat lukunopeus, luetun ymmärtäminen, lukuteho, subjektiivinen kuormittavuusarviointi NASA Task Load Indexiä käyttäen sekä fysiologiset kuormittavuusarviointit silmien räpytystiheyden ja sydämen sykevaihtelun taajuus- sekä aikatazon mittareiden avulla. Lisäksi koehenkilöiltä kysyttiin miellyttävintä tekstin esitystapaa sekä tapoja, miten he käyttäisivät koetilanteen näyttöä jatkuvassa käytössä.</p> <p>Korkealla resoluutiolla tehdyissä testeissä tekstin asettelulla näytöllä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä vaikutuksia lukusuoritukseen tai kuormittavuuteen. Suuremmalla alalla näkökentässä esitetyillä teksteillä oli havaittavissa hieman parempi luetun ymmärtämisen taso. Miellyttävimmän asetelman valinnassa ei saatu merkitseviä eroja. Korkeampi resoluutio vaikutti tilastollisesti merkitsevästi kuormittavuutta alentavasti sekä subjektiivisesti että sykevaihtelun perusteella objektiivisesti arvioituna.</p> | | | |
| Avainsanat näytöltä lukeminen, periferianäkö, korkearesoluutioiset näytöt, psyykkinen kuormittavuus, luettavuus, toimistotyö | | | |

Author
Maria Hänninen

Date
15 July 2004

Pages
74 + 27

Title of Thesis

The Influence of Screen Size and Resolution on the Effectiveness and Workload of Reading from Screen in Office Work

Professorship
Imaging Technology

Code
AS-75

Supervisor
Pirkko Oittinen, Professor

Instructor

The purpose of this master's thesis was to determine whether wide-angle or very-high-resolution screens enabling more efficient use of peripheral vision have any advantage over smaller or lower resolution screens when screens are used for reading large documents in an office environment. At the same time, interest was taken in if increased visual information provided by higher resolution required more mental workload or if the amount of workload was diminished because of increased context information or clearer text.

The literature part dealt with human visual system and knowledge of reading, especially reading from screens. The concept of mental workload and methods for estimating it were also discussed.

The experimental part contained experiments run on a 22,2" 16:10-ratio LCD-screen with maximum resolution of 204 dpi. Tests included three different layouts using wider visual angle and one test using narrower visual angle. The influence of resolution was also tested. The performance was measured by reading rate, reading comprehension and reading efficiency. Workload was measured by subjective estimate calculated by NASA Task Load Index and physiological estimates measured by eye blink rate and heart rate variability. The subjects also answered a question about the most pleasant way of displaying text on screen and in what way they could see themselves using the test display for reading in everyday use.

The experiments showed no statistically significant effects of the way the text was represented on the screen on reading performance or on mental workload. Reading comprehension was slightly improved when text representation was larger in peripheral visual field. Improving resolution reduced workload measured by both subjective ratings and heart rate variability statistically significantly.

Key words

reading from screens, peripheral vision, very-high-resolution screens, mental workload, readability, office work

ALKULAUSE

Tämä diplomityö on tehty osana Tuottava Toimisto 2005 –projektia Teknillisen korkeakoulun Viestintäteknikan laboratoriossa marraskuusta 2003 heinäkuuhun 2004.

Suuret kiitokset haluan osoittaa työn valvojalle professori Pirkko Oittiselle. Hänen avullaan minulle tarjoutui mahdollisuus tähän työhön, ja häneltä sain paljon asiantuntevaa opastusta. Kiitos myös kaikille koehenkilöinä toimineille.

Haluan kiittää vanhempiani, joiden tuki koko opiskeluaikanani on ollut todella tärkeää. Lopuksi suuri kiitos Pasille, joka on kärsivällisesti kuunnellut, tukenut ja kannustanut minua koko yhteisen aikamme ajan.

Espoossa 15.7.2004



Maria Hänninen

SISÄLLYSLUETTELO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 1 |
| 1.1 | Taustaa tutkimukselle..... | 1 |
| 1.2 | Tutkimuksen tavoitteet..... | 1 |
| 1.3 | Tutkimuksen rakenne | 2 |
| 2 | NÄKÖAISTI JA PERIFERIANÄKÖ | 3 |
| 2.1 | Yleistä..... | 3 |
| 2.2 | Näköjärjestelmä..... | 3 |
| 2.3 | Näkökenttä..... | 4 |
| 3 | TEKSTIN LUKEMINEN..... | 7 |
| 3.1 | Yleistä..... | 7 |
| 3.2 | Silmänliikkeet..... | 7 |
| 3.3 | Lukuprosessi..... | 8 |
| 3.3.1 | Top-down-, bottom-up- ja interaktiiviset mallit..... | 8 |
| 3.3.2 | Interaktiivinen aktivaatiomalli sanan tunnistuksessa | 8 |
| 3.3.3 | Fonologisen informaation rooli | 9 |
| 3.3.4 | Interaktiivisen lukemisen malli | 9 |
| 3.4 | Lukemistyyli..... | 11 |
| 3.5 | Tekstin luettavuus..... | 11 |
| 3.5.1 | Luettavuuden määritelmä | 11 |
| 3.5.2 | Luettavuuteen vaikuttavat tekijät | 11 |
| 3.5.3 | Luettavuuden mitat..... | 12 |
| 3.6 | Lukeminen ja periferianäkö..... | 13 |
| 3.6.1 | Havaintokenttä | 13 |
| 3.6.2 | Lukeminen ilman foveaa | 15 |
| 3.6.3 | Pikalukeminen | 15 |
| 4 | LUKEMINEN NÄYTÖLTÄ..... | 17 |
| 4.1 | Näytöltä lukemisen erityispiirteitä | 17 |
| 4.2 | Dynaaminen teksti | 18 |
| 4.3 | Lukuväsymys..... | 18 |
| 4.4 | Näytöltä lukeminen ja periferianäkö | 18 |
| 4.5 | Näytön resoluution vaikutus..... | 19 |
| 5 | KUORMITTAVUUS | 21 |
| 5.1 | Yleistä..... | 21 |
| 5.2 | Subjektiiiviset psyykkisen kuormittavuuden arviointimenetelmät..... | 21 |
| 5.2.1 | Yleistä..... | 21 |
| 5.2.2 | NASA-TLX | 22 |
| 5.3 | Fysiologiset psyykkisen kuormittavuuden arviointimenetelmät | 23 |
| 5.3.1 | Yleistä..... | 23 |
| 5.3.2 | Sydämen sykevaihtelu | 24 |
| 5.3.3 | Silmien räpytys..... | 25 |
| 5.4 | Kuormittavuus näytöltä lukemisessa..... | 26 |
| 6 | LUKEMISMITTAUKSET..... | 27 |
| 6.1 | Johdanto..... | 27 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.2 | Menetelmät | 28 |
| 6.2.1 | Koehenkilöt | 28 |
| 6.2.2 | Olosuhteet..... | 28 |
| 6.2.3 | Laitteisto | 28 |
| 6.2.4 | Testimateriaali | 30 |
| 6.2.5 | Kokeiden järjestys | 32 |
| 6.2.6 | Kokeiden kulku | 32 |
| 6.2.7 | Data-analyysi | 33 |
| 7 | MITTAUSTULOKSET | 35 |
| 7.1 | Yleistä..... | 35 |
| 7.2 | Näyttöpinta-alan hyödyntäminen | 35 |
| 7.2.1 | Lukunopeus | 35 |
| 7.2.2 | Luetun ymmärtäminen..... | 36 |
| 7.2.3 | Lukuteho | 37 |
| 7.2.4 | Tekstiasetelman miellyttävyys | 38 |
| 7.2.5 | Subjektiivinen kuormittavuus..... | 39 |
| 7.2.6 | Silmien räpäytykset | 40 |
| 7.2.7 | Sydämen sykevaihtelu | 41 |
| 7.2.8 | Artikkelien sisällöllinen hankalalukuisuus..... | 42 |
| 7.2.9 | Arviot..... | 43 |
| 7.3 | Resoluution vaikutus | 45 |
| 7.3.1 | Lukunopeus | 45 |
| 7.3.2 | Luetun ymmärtäminen..... | 46 |
| 7.3.3 | Lukuteho | 47 |
| 7.3.4 | Subjektiivinen kuormittavuus..... | 48 |
| 7.3.5 | Silmien räpäytykset | 50 |
| 7.3.6 | Sydämen sykevaihtelu | 51 |
| 7.3.7 | Artikkelien sisällöllinen hankalalukuisuus..... | 54 |
| 8 | TULOSTEN TARKASTELU | 55 |
| 8.1 | Näyttöpinta-alan hyödyntäminen | 55 |
| 8.1.1 | Yleistä..... | 55 |
| 8.1.2 | Mittojen väliset korrelaatiot | 57 |
| 8.2 | Resoluution vaikutus | 60 |
| 8.2.1 | Yleistä..... | 60 |
| 8.2.2 | Mittojen väliset korrelaatiot | 60 |
| 8.3 | Tulosten luotettavuus..... | 63 |
| 9 | YHTEENVETO | 66 |
| | LÄHDELUETTELO | 68 |

LIITTEET

LIITE 1: Testeissä käytetyt lomakkeet

LIITE 2: Testeissä käytetty lukumateriaali

LIITE 3: Koehenkilöiden taustatiedot

LIITE 4: Testijärjestys

LIITE 5: Tulosten tilastolliset analyysit

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa tutkimukselle

Monissa työpaikoissa dokumenttien lukeminen ja kirjoittaminen vie suuren osan työajasta. Kahdessa työympäristöissä tehdyssä päiväkirjatutkimuksessa dokumenttien käsittelyyn on havaittu kuluvan 82% /1/ ja 97% /68/ työviikosta. Paperiton toimisto on ollut tulevaisuuden visiona jo useita vuosikymmeniä. Nykyään suuri osa toimiston asiakirjoista ja dokumenteista vastaanotetaan jo sähköpostilla tai ladataan verkosta. Kuitenkin sähköiset, etenkin pidemmät, usean sivun dokumentit yleensä edelleen tulostetaan paperille lukemista varten. Vuonna 1998 julkaistu, useilla eri ammattikunnilla tehty tutkimus /1/ osoitti, että 85% dokumenttien käsittelyyn käytetystä ajasta oli paperisten dokumenttien käsittelyä ja vain 13% sähköisten dokumenttien käsittelyä. Ongelmia seuraa siitä, että elektronisesti esitetyt tekstit pakottavat ihmiset lukemaan tavoilla, jotka poikkeavat totutusta /45/. Kuitenkin voi olla tilanteita, jolloin dokumenttien tulostus on syystä tai toisesta mahdotonta. Mobiilisuuden ja etätöön lisääntyessä ei aina välttämättä olla tulostimen läheisyydessä. Dokumentit voivat olla niin pitkiä ja niitä voidaan vastaanottaa niin tiiviillä tahdilla, ettei niitä ehditä tulostaa paperille.

Viimeisimmän 25 vuoden aikana tietokoneiden yleistyttyä näytöltä lukemista on tutkittu paljon. Ensimmäiset näytöt soveltuivat huonosti lukemiseen ja aiheuttivat käyttäjille silmien räsytystä. Graafisten käyttöliittymien kehittymisen ja grafiikkakorttien parantumisen myötä näyttöjen käyttömahdollisuus tekstin esitykseen parani ja näytöltä lukemisen tutkimus alkoi jälleen kiinnostaa laajemmin. /38/

Yhä suuremman näyttöpinta-alan ja korkeamman erottelukyvyn eli resoluution tarjoavat näytöt halpenevat ja tulevat toimistojen ja tavallisten kuluttajien ulottuville. Uusimmat, resoluutioltaan jopa yli yhdeksän megapikselin näytöt ovat jo lähellä paperilla esitetyn tekstin erottelukykä. Laajakuvakulmaisille, korkearesoluutioisille näytöille voidaan sijoittaa kaksi kokonaista A4-kokoista sivua rinnakkain niin, että teksti on vielä lukukelpoista.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tämä diplomityö on tehty osana Tuottava toimisto 2005 –projektia. Tekesin Terve Talo – teknologiaohjelmaan kuuluvan, Teknillisen korkeakoulun ja Työterveyslaitoksen käynnistämän projektin tavoitteena on projektin www-sivujen /12/ mukaan ”kehittää laskentaperusteet sisäympäristön suunnittelutekijöiden ja korjausten kokonaisedullisuuden arvioimiseksi toimistotyössä tuottavuusvaikutusten, sairastavuuden, investointi- ja käyttökustannusten osalta.”

Tämän tutkimuksen tavoitteiksi asetettiin vastausten saaminen seuraaviin kysymyksiin:

- Voidaanko uusilla suuremmilla ja korkearesoluutioisilla näytöillä, mahdollisesti periferianäköä apuna käyttäen, tehostaa toimistotyön näytötlukutehtäviä?

- Aiheuttaako näytön koon ja erottelukyvyn kasvusta johtuva lisääntynyt visuaalinen informaatio käyttäjälle enemmän psyykkistä kuormitusta vai voidaanko parantuneella teknologialla vähentää sitä?

Luettaessa pitkiä dokumentteja nopeammin tai tehokkaammin säästetään paljon työaika. Ideaalitulanteessa dokumentit voitaisiin lukea mahdollisimman nopeasti, mahdollisimman pienellä työkuormalla samalla mahdollisimman paljon luetusta omaksuen. Kun näytöltä lukeminen on lukijan mielestä yhtä helppoa ja miellyttävää kuin paperilta luettaessa, vähentyy paperille tulostus ja säästetään aikaa, rahaa sekä tuotetaan vähemmän paperijätettä. Tutkimusta aloitettaessa toivottiin, että pystyttäisiin osoittamaan markkinoille tulleiden suurempien, korkeampiresoluutioisten näyttöjen hyödyttävän toimistotyön lukutehtävissä tehostaen lukusuorituksia ja ollen lukijalle miellyttävämpi vaihtoehto kuin perinteiset pienemmät ja alhaisemman resoluution näytöt.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Tutkimus koostuu kirjallisuus- ja kokeellisesta osasta. Kokeellinen osa jakautui kahteen osaan, joissa molemmissa tehtiin näytöltälukutestejä koehenkilöillä. Ensimmäisessä osassa tutkittiin tekstin asettelun vaikutusta lukusuoritukseen näytöllä. Toisessa osassa tutkittiin resoluution vaikutusta näytöltä lukemiseen.

Tämä kirjoitettu työ koostuu yhdeksästä luvusta. Tämän lisäksi työn loppuun on lisätty liitteiksi testeissä käytetyt lomakkeet, tietoa käytetyistä artikkeleista, koehenkilöiden taustatietoja ja tulosteet koetulosten tilastollisista analyyseistä. Johdantoluvun jälkeiset neljä lukua käsittelevät näytöltä lukemisen ja periferianäön sekä psyykkisen kuormittavuuden teoriaa. Näissä luvuissa on tarkoitus esitellä lukemiseen käytettävä ihmisen näköjärjestelmä, periferianäön käsite, lukemisen sekä erityisesti näytöltä lukemisen teoriaa ja psyykkisen kuormittavuuden käsitettä sekä mittauksia. Luvut kuusi ja seitsemän käsittelevät teorian pohjalta tehtyjä kokeita. Luvussa kahdeksan esitetään kokeiden pohjalta tehtyjä johtopäätöksiä ja pohdintoja. Työn lopussa on tiivis yhteenveto koko tutkimuksesta.

2 NÄKÖAISTI JA PERIFERIANÄKÖ

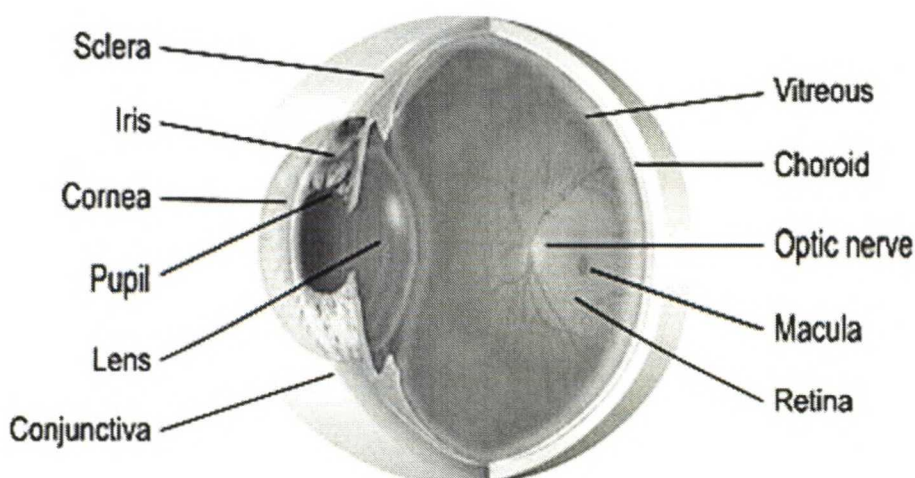
2.1 Yleistä

Normaaleissa lukutehtävissä miltei kaikki olennainen aisti-informaatio saadaan näköaistin kautta. Tämän luvun tarkoituksena on selvittää, miten lukemisessa tarvittava näköjärjestelmä toimii sekä esitellä periferianäön käsite. Ensin käsitellään lyhyesti ihmisen näköjärjestelmä lähinnä silmän osalta. Tämän työn kannalta se on mielenkiintoisin osa järjestelmää. Tämän jälkeen käsitellään ihmisen näkökenttää ja sen osa-alueita kiinnittäen erityistä huomiota periferianäköön.

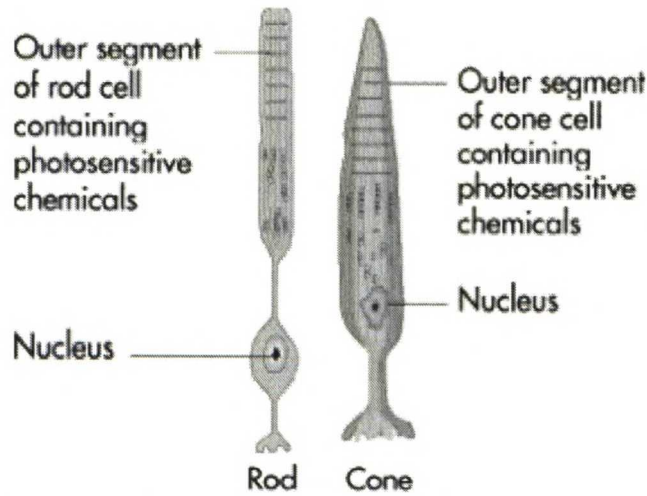
2.2 Näköjärjestelmä

Havainnon syntymiseen tarvitaan ärsyke sekä mekanismi, joka reagoi ärsykkeeseen. Näköhavainnossa ärsykkeenä toimii valo ja reagoivana mekanismina näköjärjestelmä. Ihmissilmän havaitsemalla näkyvän valon alueella tarkoitetaan noin aallonpituusvälillä 400-700 nm olevaa sähkömagneettista säteilyä. Näkyvän valon aallonpituus vaikuttaa siihen, minkä värisenä ihminen valon kokee. /34/

Näköjärjestelmän pääosat ovat silmä, aivojen talamuksessa sijaitseva ulompi polvitumake (*lateral geniculate nucleus, LGN*) ja näköaivokuori /34/. Kuvassa 1 on esitetty ihmisen silmän rakenne /29/. Sarveiskalvo (*cornea*) ja linssi (*lens*) säätelevät pupillin (*pupil*) lävitse saapuneiden valonsäteiden taittumisen silmän takaseinällä olevalle verkkokalvolle eli retinalle. Retinalla on kahdenlaisia valoa aistivia soluja eli reseptorisoluja, sauva- ja tappisoluja. Esimerkki sauvasolusta (*rod*) ja tappisolusta (*cone*) on kuvassa 2 /5/. Sauva- ja tappisolujen ulkojäsenissä ovat näköpigmentit muuttavat havaitut valoärsykkeet sähköisiksi hermoimpulsseiksi /34/.



Kuva 1. Ihmissilmän rakenne /29/



Kuva 2. Esimerkki valoa aistivista sauva- ja tappisoluihin /5/

Sauvasolut ovat erittäin herkkiä vähäisillä valomäärillä ja niitä käytetäänkin hämäränäössä. Sauvasolut eivät pysty havaitsemaan värejä. Tappisolut pystyvät sauvasoluja tarkempaan havaintoon ja niitä on kolmea erilaista pigmenttiä sisältävää tyyppiä, erikoistuneena joko karkeasti jakaen punaisen, sinisen tai vihreän värin aistimiseen. /34/

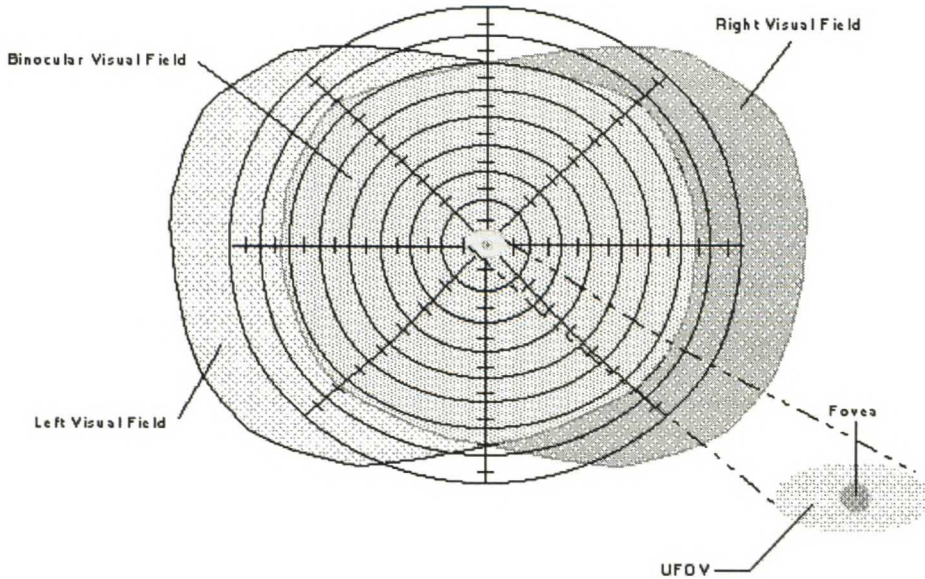
Retina koostuu seitsemästä eri hermosolukerroksesta ja reseptorisolujen lisäksi neljästä muusta eri hermosolutyypistä: amakriinisoluista, bipolaarisoluista, horisontaalisoluista ja gangliosoluista. Kaikki kerrokset osallistuvat signaalin johtumiseen aivoille.

Gangliosolujen aksonit muodostavat lopulta näköhermon ja johtavat informaation verkkokalvolta aivoja kohti. Sauvat ja tapit sijaitsevat valon tulosuunnasta katsottuna alimpana, eli valon täytyy ensin kulkea kaikkien muiden retinan hermosolukerrosten läpi saavuttaakseen reseptorisolut. /74/

Jokaista sauvasolua kohden ei ole omaa aksonistaan näköhermosäikeen muodostavaa gangliosolua, vaan useista, jopa tuhansista sauvasoluista saatu näköinformaatio yhdistyy kulkien yhden gangliosolun kautta kohti aivoja. Tappisoluja kohden gangliosoluja on enemmän, ja usealle tarkan näön alueen tappisolulle on oma gangliosolunsa. Tämän vuoksi sauvasolujen erottelukyky normaalissa päivänvalossa on tappisoluja huonompaa. Osaksi myös tästä johtuen sauvasolut tarvitsevat vähemmän valoa, sillä usean sauvasolun yhteisvaikutus riittää laukaisemaan gangliosolun aiheuttaen näköhavainnon syntymisen. /34,73/

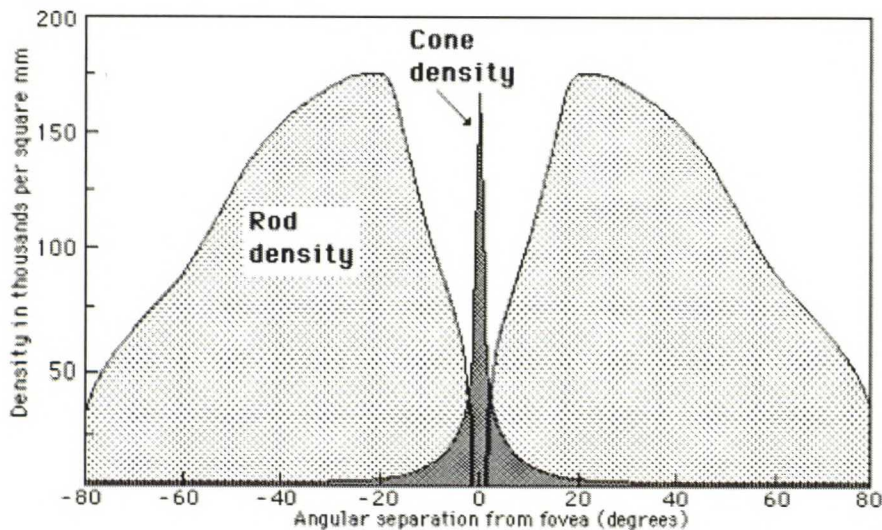
2.3 Näkökenttä

Ihmisen näkökenttä on noin 180° leveä ja noin 130° korkea ellipsin muotoinen alue. Kuvassa 3 on havainnollistettu näkökentän muotoa ja kokoa /15/. Näkökenttä jaetaan kolmeen alueeseen. Kohde, johon katse on kohdistettu, heijastuu verkkokalvon keskikohtaan, alueelle nimeltä fovea. Näkökentän keskellä oleva fovea on vain noin puolentoista-kahden näkökulma-asteen kokoinen. Tätä aluetta vastaa noin peukalonpään kokoinen alue käsivarren mitan päässä. Fovean ulkopuolella, ulottuen noin viiteen asteeseen, on parafoveaalinen näkökenttä. Parafovean ulkopuolelle jää suurin osa näkökentästä, perifeerinen näkökenttä. /26/



Kuva 3 Ihmisen kahden silmän yhdistetty näkökenttä /15/

Näköaistinsolut eivät ole jakautuneet tasaisesti koko verkkokalvolle. Kuvassa 4 on esitetty solujen jakauma näkökulma-asteen funktiona /56/. Foveassa on vain pelkkiä tappisoluja. Verkkokalvon reunoilla, periferiassa, taas tappeja on huomattavasti vähemmän kuin sauvasoluja. Kaiken kaikkiaan retinalla on noin sata miljoonaa sauvasolua ja noin kuusi miljoonaa tappisoluja. /73/



Kuva 4 Sauva- ja tappisolujen jakauma retinalla näkökulma-asteen funktiona /56/. Kuvassa ei ole huomioitu sokean täplän kohtaa, eli kohtaa josta näköhermo lähtee silmästä. Sokeassa täplässä, noin 15°-20° kohdalla, ei ole lainkaan aistinsoluja /56/

Koska suurin osa tappisolusta sijaitsee fovean alueella, on näkökentän keskikohta ainoa alue, jossa on riittävän hyvä tarkkuus pienten yksityiskohtien erotteluun. Perifeerinen näkökenttä taas koostuu pääosin sauvasoluista. Niinpä perifeerisen näkökentän havaitsemistarkkuus on foveaa, tarkan näön aluetta, paljon huonompi. Sauvasolujen ominaisuuksien vuoksi perifeerisessä näkökentässä tunnistetaan hyvin liikettä.

Vanhempien ihmisten periferianäön on havaittu heikentyneen. Ns. havainto-ikkuna kutistuu iän myötä. Myös kohteen koon merkitys korostuu, pienempien kohteiden tunnistus etenkin näkökentän reunoilla on vaikeampaa iäkkäämmillä ihmisillä kuin nuoremmilla.

/20/

3 TEKSTIN LUKEMINEN

3.1 Yleistä

Lukemisella tarkoitetaan yksinkertaistettuna sanojen ja lauseiden havaitsemista ja ymmärtämistä. Rayner ja Pollatsek määrittelivät kirjassaan *"The Psychology of Reading"* /62/ lukemisen seuraavasti: *"reading is the ability to extract visual information from the page and comprehend the meaning of the text"*. Lukemisessa vaaditaan tiedonkäsittelyprosesseja, etenkin erilaiset hahmontunnistusprosessit ovat keskeisessä asemassa /30,38/. Lisäksi lukeminen vaatii kielen ja kieliopin tuntemusta /30/.

Tässä luvussa selvitetään lukemiseen olennaisesti liittyviä silmänliikkeitä, tarkastellaan muutamaa lukuprosessimallia, selvitetään eri lukutyylejä ja tutkitaan luettavuutta ja sen arviointimenetelmiä. Lopuksi käsitellään periferianäön roolia lukemisessa.

3.2 Silmänliikkeet

Tehdessään havaintoja ympäristöstään ja esimerkiksi lukiessaan ihminen liikuttaa silmiään hyppäyksittäin saadakseen kulloisenkin kohteen tarkan näön alueelle eli fovealle. Näitä silmänliikkeitä kutsutaan sakkadeiksi. Sakkadien nopeus voi olla jopa 500° sekunnissa. Sakkadin kesto riippuu sen pituudesta: mitä suuremman näkökulma-astemäärän sakkadi kattaa, sen pidempikestoinen se on. Sakkadien välillä olevia silmien pysähdyksiä kutsutaan fiksaatioiksi. Sakkadien aikana näköhavainnoista välittyvä informaation määrä on vähäistä, joten ihminen saa suurimman osan näköinformaatiosta fiksaatioiden aikana. /63/

Sakkadit eivät ole ainoita silmänliikkeitä. Liikkuvan kohteen seuraamiseen katseella sekä oman pään ja kehon liikkeiden kompensoimiseen käytetään sakkadeja hitaampia silmänliikkeitä /26/. Kun kohde liikkuu havainnoijaa kohti, silmät kääntyvät toisiaan päin kohteen pysymiseksi tarkan näön alueella /26/. Todellisuudessa silmät eivät ole koskaan täysin paikallaan, vaan tekevät koko ajan joitakin pieniä liikkeitä. Ilmiötä kutsutaan nystagmukseksi eli silmävärveeksi. Silmävärveen syyt eivät ole täysin selviä /63/. Lukemisen kannalta sakkadit ovat kuitenkin näitä kaikkia muita silmänliiketyyppejä olennaisempia ja pieniä silmänliikkeitä voidaan ajatella kohinana.

Lukemisessa fiksaatiot kestävät keskimäärin 200-250 millisekuntia, ja sakkadit ovat englanninkielistä tekstiä luettaessa noin 7-9 merkin pituisia. Suomenkielistä tekstiä luettaessa sakkadit ovat hieman pidempiä, noin 11 merkkiä. Kaikkiin sanoihin ei kohdisteta fiksaatiota, joten jokaisen sanan foveaalinen prosessointi ei ole tarpeen tekstin ymmärtämiseksi. Todennäköisimmin lyhyet sanat jäävät väliin: englanninkielisessä tekstissä vain 25% 2-3 kirjaimen sanoista fiksatoidaan. Yli 8 merkin sanat fiksatoidaan lähes aina, usein myös enemmän kuin yhden kerran. 10-15% sakkadeista on regressiivisiä eli ne kohdistuvat takaisinpäin luetulla rivillä. /39,63/

Silmien liikkeisiin lukiessa vaikuttavat myös tekstin sisältöön ja ulkoasuun liittyvät muuttujat. Esimerkiksi useammin esiintyvään sanaan kohdistettu fiksaatio kestää lyhyemmän aikaa kuin harvemmin esiintyvään sanaan kohdistettu. /63/

Kognitiivinen prosessointi sakkadien aikana on ollut monien tutkimusten kohteena. Perinteisesti on oletettu, että kuten näköinformaatio, myös kognitiivinen prosessointi vähenee huomattavasti sakkadien ajaksi. David E. Irwinin /40/ tutkimustulokset osoittivat, että sanojen tunnistusprosessi on käynnissä kuitenkin myös sakkadien aikana.

3.3 Lukuprosessi

3.3.1 Top-down-, bottom-up- ja interaktiiviset mallit

Lukemisprosessia, kuten myös muita kognitiivisia prosesseja, on perinteisesti kuvailtu joko top-down- tai bottom-up-mallina. Näitä malleja yhdistelevät, interaktiiviset mallit, ovat nykyään suosituin vaihtoehto lukuprosessin mallinnuksessa. Mitään yhtä, vallitsevaa mallia lukuprosessista ei ole, vaan eri teorioissa on omat vahvat ja heikot puolensa.

Bottom-up-mallissa lukuprosessin ajatellaan etenevän tasoittain. Prosessi alkaa alimman tason yksiköistä, kuten kirjaimista ja kirjainten piirteistä. Näistä muodostetaan korkeamman tason yksiköitä, kuten sanoja ja kirjaimia. Näistä jälleen edetään suurempia kokonaisuuksia kohti päätyen lopulta koko tekstin sisällön ymmärtämiseen. Mallin mukaan etenään prosessoinnin alkuvaiheessa henkilön yleistiedoilla, tekstin kontekstilla tai korkeamman tason tiedonkäsittelytekniikoilla ei ole suurta merkitystä. /62/

Top-down-mallin mukaan lukuprosessia ohjaavat lukijan yleistieto sekä kontekstista saatu informaatio. Näiden perusteella lukija tekee oletuksia siitä, mitä lukiessa on odotettavissa. Kirjainten ja sanojen tunnistuksen tarkoituksena on vain vahvistaa oletukset tekstin sisällöstä. Tutkimuksien mukaan niillä lapsilla, joilla kouluun tullessaan on suppea sanavarasto, on hankaluuksia lukemisen opettelussa. Lapset, joiden sanavarasto on laajempi, pystyvät lukiessaan ennustamaan ja arvaamaan seuraavia sanoja. /62,10/

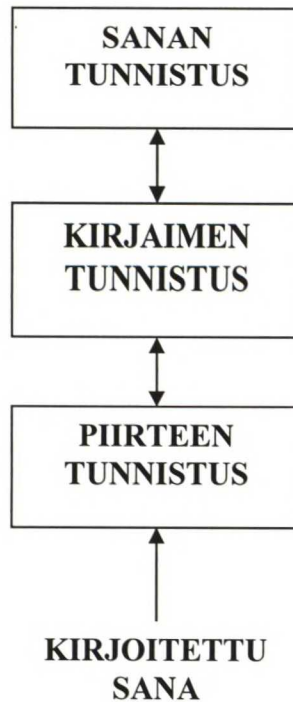
Interaktiiviset mallit ovat kahden edellisen mallin välimuotoja. Niiden mukaan lukuprosessi sisältää sekä top-down- että bottom-up-tyyppistä havainnointia.

3.3.2 Interaktiivinen aktivaatiomalli sanan tunnistuksessa /30/

McClelland ja Rumelhart /30/ kehittivät nelikirjaimisille suuraakkosin kirjoitetuille sanoille interaktiivisen mallin kirjainten visuaaliseen tunnistusprosessiin. Monien mallin periaatteiden on ajateltu soveltuvan myös muun tyyppisille sanoille.

Nimeltään interaktiivisen aktivaatiomallin mukaan sanan tunnistus tapahtuu kolmella tasolla. Alimpana on piirteiden tunnistustaso, jolla tunnistetaan yksittäisten kirjainten piirteitä, kuten esimerkiksi pystysuora viiva kirjaimen oikeassa reunassa. Tunnistuksen tapahduttua aktivaatio lähetetään niille seuraavan tason, kirjainten tunnistustason, yksiköille, joihin tunnistettu piirre sisältyy. Kirjainten tunnistustasolla tunnistetaan siis kirjain, esimerkiksi ”H”, ja aktivaatio lähetetään eteenpäin sanan tunnistustasolle niille yksiköille, jotka sisältävät kyseisen kirjaimen kyseisessä kohdassa sanaa. Sanan tunnistustasolla tunnistetaan sana, ja niiden kirjainten, joista sana muodostuu, tunnistustason yksiköiden aktivaatiota lisätään. Jokaisella tunnistustasolla muiden, tunnistamattomien yksiköiden aktivaatio pienenee. Piirretasolta sanatasolle päin tunnistus tapahtuu siis bottom-up-prosessina, mutta myös top-down-tunnistusta sanatasolta

kirjaintasolle ja kirjaintasolta piirretasolle esiintyy. Kuvassa 5 on esitetty yksinkertainen kaaviokuva interaktiivisesta aktivaatiomallista.



Kuva 5 McClellandin ja Rumelhartin interaktiivinen aktivaatiomalli visuaaliselle sanantunnistukselle

3.3.3 Fonologisen informaation rooli

Sanojen fonologisten ominaisuuksien eli sen, miltä sana kuulostaa äännettynä, vaikutus sanantunnistukseen on ollut kiistelty tutkimuksen aihe jo pitkään. Todistettavasti etenkin harvinaisempien sanojen kohdalla fonologista sanantunnistusta voi tapahtua.

Tavallisemmat sanat tunnistetaan niin nopeasti, että fonologinen informaatio ei ehdi vaikuttaa tunnistukseen. Harvinaisempien sanojen tunnistus taas on vähemmän automaattista, ja sanan ääntämys tukee ainakin hetken aikaa visuaalista havaintoa sanan tunnistusprosessissa. /30/

Carrin ja Pollatsekin kehittämän kooperatiivisen mallin mukaan sekä visuaalinen että fonologinen informaatio viedään sanavarastoon vertailtavaksi. Kaikki ne sanat, joiden visuaaliset tai fonologiset piirteet täsmäävät havaintoon aktivoidaan, mutta havainto tunnistetaan siksi sanaksi, jonka molempien tunnistusmenetelmien yli summattu aktivaatio on suurin. Fonologinen ja visuaalinen havaitsemissysteemi toimivat siis yhteistyössä sanan tunnistuksessa. /62/

3.3.4 Interaktiivisen lukemisen malli

Yksi yksityiskohtaisimmista lukemisprosessia kuvaavista malleista on Raynerin ja Pollatsekin /62/ interaktiivisen lukemisen malli, jossa työmuistilla ja pitkäkestoisella

muistilla on keskeinen osa. Mallissa lukemisessa tapahtuvat fiksaatiot ja sakkadit ovat keskeisessä osassa. Mallin perusajatus lukuprosessista on seuraava: Ensin sana prosessoidaan foveaalisesti, mutta samanaikaisesti tapahtuu myös parafoveaalista prosessointia. Tämän jälkeen tutkitaan pitkäkestoisen muistin sanavarastosta onko kyseinen sana tuttu. Mikäli sana on tuttu ja järkevä aiemmin prosessoitu teksti huomioiden, huomio siirtyy seuraavaan sanaan. Tehdään sakkadi, fiksatoidaan seuraavaan sanaan ja jälleen aloitetaan sanan foveaalinen prosessointi. Kuvassa 6 on esitetty Raynerin ja Pollatsekin lukemismallin kaavakuva. /30,62/

3.4 Lukemistyyli

Tekstiä voidaan lukea eri tavoin riippuen siitä, miksi kyseistä tekstiä luetaan. Yleensä lukemisessa erotetaan neljä eri tyyppiä. Nämä ovat silmäily (*skimming*), haku (*scanning*), ekstensiivinen (*extensive*) lukeminen ja intensiivinen (*intensive*) lukeminen. Silmäilyssä päämääränä on selvittää nopeasti tekstin pääkohdat. Lukija silmäilee otsikoita, kappaleiden ensimmäisiä virkkeitä ja johdanto- ja tiivistelmäkappaleita. Koko tekstiä ja kaikkia sanoja ei siis lueta. Hakulukemisessa nimensä mukaisesti etsitään tekstistä vastausta tiettyyn kysymykseen. Silmäilytekniikkaa voidaan käyttää apuna haussa. Ekstensiivisellä lukemisella tarkoitetaan tekstin lukemista, jossa tavoitteena on saada kokonaiskuva tekstistä. Ekstensiivistä lukemista on esimerkiksi lukeminen omaksi iloksi. Intensiivisessä lukemisessa teksti luetaan huolellisesti ja myös yksityiskohtiin kiinnitetään huomiota. Intensiivistä lukemista käytetään esimerkiksi tenttiin valmistauduttaessa. /6/

Ekstensiivisen ja intensiivisen lukutyylin sijaan voidaan käyttää lineaarista ja reflektiivistä lukemisen määritelmää. Lineaarisella lukemisella tarkoitetaan lukutyyliä, jossa mitään sanaa ei hypätä ylitse vaan teksti luetaan kokonaan alusta loppuun järjestyksessä. Reflektiivinen eli pohtiva lukeminen vaatii vuorovaikutusta lukijan ja tekstin välillä. Reflektiivisessä lukemisessa keksitään uusia näkökulmia ja käytetään luovuutta.

Lukunopeus riippuu lukemistyylistä. Edellä mainituista tyyleistä haku ja silmäily ovat nopeimmat lukemistavat, kun taas intensiivinen lukeminen vie eniten aikaa.

Työympäristöissä tehdyssä tutkimuksessa /1/ saatiin selville, että työssä lukeminen voitiin jakaa kymmeneen eri päätyyppiin. Suurin osa lukemiseen ja kirjoittamiseen käytetystä ajasta oli dokumenttien ristiinviittaamista informaation yhdistelemiseksi yhden tai usean dokumentin välillä. Myös lukeminen tietyn informaation tai kysymykseen vastauksen saamiseksi sekä lukeminen keskustelun tueksi vei yli 20% luku- ja kirjoitusajasta.

3.5 Tekstin luettavuus

3.5.1 Luettavuuden määritelmä

Tekstin luettavuudella tarkoitetaan sitä, kuinka helppoa kyseisen tekstin lukeminen lukijalle on /16/. Etenkin luettaessa pitkiä tekstejä hyvä luettavuus voi säästää paljon aikaa lukijan ymmärtäessä helpommin ja tarkemmin mikä tekstin sisältö ja tarkoitus on. Luettavuuteen vaikuttavat monet eri asiat, ja nämä voivat muodostaa myös yhteisvaikutuksia /55/. Tässä luvussa perehdytään lähinnä paperilla esitetyn tekstin sekä sisällölliseen että ulkonäölliseen luettavuuteen ja käsitellään luettavuuden eri arviointimenetelmiä.

3.5.2 Luettavuuteen vaikuttavat tekijät

Tekstin ulkonäön, kuten esimerkiksi rivien pituuden ja lukumäärän sekä kirjasintyylin vaikutuksesta luettavuuteen paperilta luettaessa löytyy paljon tutkimuksia. Tutkimusten mukaan suuraakkosin kirjoitettu, kursivoitu tai sivun oikeaan reunaan välilyöntejä lisäämällä tasattu teksti hidastaa lukemista. Mustat kirjaimet valkoista taustaa vasten ovat nopeampia ja miellyttävämpiä lukea kuin päinvastaisin värein esitetty teksti. Järkevien

rajojen sisällä marginaaleilla, kirjainten koolla ja fontilla ei ole vaikutusta luettavuuteen. Kirjasinkoon, rivinpituuden ja rivivälin vaikutuksien välillä on huomattu vuorovaikutusta. /45,55/

Wiion mukaan ihannemitta riville oli 5-6 sanaa /42/. Tämä vastaa ihmisen lyhytkestoisen muistin kapasiteettia /42/. Raynerin ja Pollatsekin /62/ mukaan rivin ihannepituus oli noin 52 merkkiä. Liian pitkät rivit vaikeuttavat rivin lopusta seuraavan rivin alkuun tehtävää sakkadia ja liian lyhyet rivit eivät tarjoa tarpeeksi informaatiota fiksaatiota kohden /62/. 52 merkkiä oli kompromissiratkaisu näiden kahden ääripään välillä /62/.

Tekstin sisällön luettavuudella tarkoitetaan sitä, kuinka vaikeaa teksti kielellisesti on. Vaativuutta voidaan arvioida tarkastelemalla esimerkiksi sanojen esiintymistiheyttä, sanojen tai lauseiden pituutta tai tiettyjen sanaluokkien esiintymismääriä /74,77/.

3.5.3 Luettavuuden mitat

Tekstin sisällön vaativuuden arviointi ei ole yksinkertaista. Sitä varten on kehitetty erilaisia mittoja, jotka perustuvat arvioitavan tekstin kielen ominaisuuksiin. Suomen kieleen Osmo A. Wiio /75/ on kehittänyt yksinkertaisen mitan. Tämä mitta ennustaa tekstin niin sanotun luokkatason eli sen, kuinka monen vuoden yleissivistävän koulutuksen tekstin ymmärtäminen arviolta vaatii /75/. Luokkataso lasketaan yhtälön 1 mukaan /75/:

$$LT = 0,3 \times PS + 2,7 \quad (1)$$

jossa,

LT = luokkataso (esimerkiksi peruskoulun 9. luokka)

PS = pitkien sanojen määrä eli kuinka monta perusmuodossa vähintään neljä tavua sisältävää sanaa on sadan sanan joukossa

Tässä työssä Wiion luokkatasoa käytettiin testimateriaalin valinnassa, koska kaikki tekstit haluttiin sisällölliseltä luettavuudeltaan kutakuinkin samantasoisiksi.

Lukunopeuden mittaaminen on eniten käytetty menetelmä luettavuuden tutkimisessa. Lukunopeus saadaan, kun mitataan aika, joka kuluu tietyn sanamäärän lukemiseen tai lasketaan, kuinka monta sanaa ehditään lukea tietyssä ajassa. Yleisesti lukunopeus ilmoitetaan sanojen lukumääränä minuutissa (wpm, *words per minute*). Tässä tutkimuksessa lukunopeutta käytettiin tekstien lukusuoritusten vertailussa. /2,55/

Luetun ymmärtämisen mittauksilla yritetään selvittää, kuinka paljon lukija on sisäistänyt lukemastaan. Yleisimpiä lukijalle esitettyjä tehtäviä luetun ymmärtämistason selvittämiseksi ovat luetun tekstin pääkohtien kirjaaminen ja vastaaminen luetun pohjalta tekstistä tehtyihin kysymyksiin. Yleensä nämä kysymykset ovat monivalintakysymyksiä eli lukija valitsee oikean vastauksen muutamasta vaihtoehdosta. Käytettäessä luetun pääkohtien kirjaamista tulosten vertailu on hankalampaa kuin monivalintakysymyksillä. Monivalintakysymyksiä käytettäessä saadut tulokset luetun ymmärtämiselle riippuvat kuitenkin paljon siitä, minkä tyyppisiä kysymykset ovat, eikä vastausten perusteella voida sanoa varmasti onko kyse tekstin ymmärtämisestä vai vain yksityiskohtien muistamisesta

/25,78/. Tässä tutkimuksessa luetun ymmärtämistä mitattiin teksteistä tehdyin monivalintakysymyksin.

Yksi luettavuudessa käytettävä lukemisen mitta on lukutehokkuus. Lukutehokkuus yhdistää lukemiseen käytetyn ajan ja luetun ymmärtämisen tason. Pelkkä lukunopeuden tarkastelu ei kerro mitään luetun sisäistämisestä, eikä pelkkä luetun ymmärtäminen mitään siitä, kuinka tehokkaasti luettu teksti on ymmärretty /41/. Lukutehokkuus määritellään yhtälön 2 mukaisesti lukunopeuden ja luetun ymmärtämiskysymysten oikeiden vastausten prosenttimäärän tulona /41/:

$$lukuteho = lukunopeus \times \frac{oikeita\ vastauksia}{kysymyksiä} \quad (2)$$

jossa,

lukuteho = ymmärrettyjen sanojen määrä minuutissa

lukunopeus = luettujen sanojen lukumäärä minuutissa (wpm)

oikeita vastauksia = oikein vastattujen kysymysten lukumäärä

kysymyksiä = kaikkien kysymysten lukumäärä

Tässä työssä lukutehokkuutta käytettiin tekstien lukusuoritusten vertailussa.

Lukunopeuden ja luetun ymmärtämisen välillä on havaittu sekä positiivista että negatiivista korrelaatiota johtuen korrelaation tyypistä. Korrelaatio henkilön itsensä kanssa on luonteeltaan negatiivinen, eli kun henkilö kasvattaa lukunopeuttaan, luetun ymmärtäminen heikkenee. Henkilöiden välisen korrelaation taas on huomattu olevan positiivinen: henkilöt, joiden luonnollinen lukunopeus on korkea, saavuttavat myös parempia luetun ymmärtämisen tuloksia. /28/

3.6 Lukeminen ja periferianäkö

3.6.1 Havaintokenttä /63/

Havaintokentällä (*perceptual span*) tarkoitetaan sitä aluetta näkökentästä, jolta informaatiota voidaan omaksua. Tutkimuksissa on selvinnyt, että lukijan havaintokenttä on hyvin rajoittunut. Havaintokentän koko englanninkielistä tekstiä luettaessa on noin 3-4 kirjainta vasemmalle ja noin 15 kirjainta oikealle fiksaatiosta. Tekstin vaikeutuessa havaintokentän on havaittu pienenevän. Lukijan ja lukumateriaalin välisen etäisyyden ei ole havaittu vaikuttavan havaintokentän kokoon.

Havaintokentän kokoa lukemisessa on tutkittu eri menetelmin. Näkökentän ikkunointitekniikalla (*moving window technique*) tutkittaessa luettavaa tekstiä muutetaan esimerkiksi X-kirjaimilla peittäen lukukelvottomaan muotoon kaikkialla muualla paitsi fiksaation ympäristössä tietyn kokoisessa ikkunassa. Aina silmien liikkeessa tekstin lukukelpoinen osa liikkuu niin, että se kohta, johon lukija katsoo, on näkyvissä ja ikkunan ympäristö lukukelvottomana. Ikkunan kokoa eli sitä, kuinka monta merkkiä on lukukelpoisena, muutetaan. Menetelmän oletuksena on, että kun ikkuna on vähintään yhtä suuri kuin lukijan havaintokenttä, ei lukeminen eroa normaalin, ikkunattoman tekstin lukemisesta. Kuvassa 7 on havainnollistettu näkökentän ikkunointitekniikkaa.

Havaintokentän koko, noin 20 merkkiä, osoittaa, että parafoveaalisen alueen tietoa käytetään myös lukemisessa. Tutkimusten /63/ mukaan fiksaatio oli lyhyempi, jos fiksatoitu sana aiemmin esitettiin parafoveaalisessa näkökentässä, kuin jos sitä ei oltu esitetty.

3.6.2 Lukeminen ilman foveaa

Henkilöt, jotka kärsivät keskeisnäön menetyksestä, eivät voi lukea normaaliin tapaan käyttäen foveaa. Lukemista parafovean tai pelkän perifeerisen näkökentän avulla on tutkittu melko runsaasti.

Latham /47/ tutki sanan tunnistusta ja lukusuorituskykyä sekä foveaalisessa että perifeerisessä näkökentässä. Kokeilla oli tarkoitus selvittää, onko kirjainten erottelusta tai suurentamisesta hyötyä perifeerisessä tarkastelussa. Lisäksi tutkittiin, voidaanko sanat tunnistaa yhtä nopeasti sekä foveassa että periferiassa. Tulokset antoivat viitteitä, että sana voitiin tunnistaa yhtä hyvin periferianäkökenttää käyttäen kuin keskeisnäöllä, mikäli kirjaimet olivat tarpeeksi suuria. Tarvittava kirjainten suurennus riippui esitetyn sanan etäisyydestä foveasta. Kaksinkertainen kirjainkoko tarvittiin noin $0,5^\circ$ etäisyydellä, jotta lukunopeus pysyi samansuuruuisena kuin foveassa esitetyillä sanoilla. Kun kyseessä olivat merkitykselliset lauseet eivätkä irralliset sanat, suoriutui keskeisnäkö lukutehtävästä kuitenkin periferianäköä paremmin.

Myös Lee et al. /48/ tutkivat sanan tunnistusta sekä keskeis- että periferianäössä. Heidän tutkimustuloksensa viittasivat siihen, että leksikaalisessa prosessoinnissa keskeis- ja perifeerinen näkö erosivat toisistaan nopeudessa keskeisnäön ollessa nopeampi. Laadullista eroa ei havaittu.

Chung et al. /19/ tutkivat kirjainten koon vaikutusta lukunopeuteen periferianäössä. Koetuloksista voitiin päätellä, että maksimilukunopeuden saavuttamiseksi periferianäön alueella tarvittiin suurempaa kirjainkokoja kuin keskeisnäön alueella. Lisäksi lukunopeuden riippuvuus kirjainkokoista noudatti samanmuotoista käyrää sekä keskeis- että periferianäössä. Tutkimuksissa selvisi myös, että vaikka kirjainkokoja ei rajoitettu, lukunopeuden maksimiarvo oli pienempi perifeerisessä näkökentässä kuin keskeisnäön alueella. Kirjainkoko ei siis ollut ainoa lukunopeutta hidastava tekijä periferianäössä. Syynä hitaampaan lukemiseen tutkimuksen mukaan saattoi olla havaintokentän eli kerralla havaittavien kirjainten lukumäärän pieneneminen periferiassa. Toinen syy saattoi olla ns. ”*crowding effect*”, muut kirjaimet häiritsivät yhden kirjaimen tunnistusta. Muiden kirjainten häirintävaikutus on suurempi periferiassa kuin keskeisnäössä. Havaintokentän koon pieneneminen saattaakin olla seurausta häirintävaikutuksesta.

3.6.3 Pikalukeminen

Erilaiset pikaluku- ja silmäilytekniikat ovat olleet suosittuja viimeisten vuosikymmenien aikana. Pikalukemisesta järjestetään esimerkiksi kaupallisia kursseja. Keskiarvoisesti amerikkalaiset yliopisto-opiskelijat lukevat noin 250-350 sanaa minuutissa /7/.

Pikalukemisen puolustajien mukaan lukunopeus voi nousta 2000 sanaan minuutissa tai tätä nopeammaksi. Tekniikat perustuvat yleensä silmänliikkeiden sujuvuuden parantamiseen

vähentämällä fiksaatioiden lukumäärää ja sisäistämällä enemmän informaatiota yhtä fiksaatiota kohden. /44,62/

Pikalukemisen todellinen hyöty on kuitenkin kyseenalaista. Tutkimustulokset osoittavat, että todellisuudessa pikalukeminen on silmäilyä eikä varsinaista tekstin tarkkaa lukemista. Yleensä lukijan aiempi tieto aiheesta auttaa tekstin ymmärtämisessä, eikä pikalukijoiden perifeerisen näön käyttö ole normaalin lukutyylin lukijoita tehokkaampaa. Luetun ymmärtämisen tason on todettu olevan heikompi kuin normaalissa lukemisessa. Näin on etenkin silloin, jos esitettävä kysymys koskee yksityiskohtaa, jonka sijaintikohtaan tekstissä pikalukija ei tehnyt fiksaatiota. /44,62/

4 LUKEMINEN NÄYTÖLTÄ

4.1 Näytöltä lukemisen erityispiirteitä

Näytöltä lukeminen eroaa paperilta lukemisesta sekä itse lukuprosessin että lopputuloksen osalta. Esimerkiksi optimaalinen rivin pituus saattaa olla eri suuruinen näytöltä luettaessa verrattuna optimaaliseen rivin pituuteen paperilla. Näytöltä luettaessa pidemmät, esimerkiksi 100 merkkiä pitkät rivit, on luettu nopeammin kuin lyhyet rivit. Tämä voi johtua pidemmästä lukuetaisyysdestä, jolloin pidempi rivi vastaa samaa näkökulman suuruutta kuin lyhyempi rivi lähempää tarkasteltuna. /17,27,28/

Monissa etenkin 1980-luvun tutkimuksissa näytöltä lukemisen on todettu olevan noin 20-30% hitaampaa kuin paperilta lukemisen /35,53/. Näyttöjen kehittyttyä uudemmissa tutkimuksissa ero lukunopeudessa on ollut pienempi tai sitä ei ole ollut lainkaan. Muter ja Maurutto /54/ vertailivat lukemista ja silmäilyä sekä CRT-näytöltä että paperilta. Normaalisessa lukemisessa tilastollisesti merkitsevää eroa lukunopeudessa ei havaittu. Lukutehokkuus oli hieman parempi näytöltä luettaessa, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Yhtenä suurena syynä näytöltä luvun hitauteen pidetään paperia huonompaa erottelukykä. Muita eroavuuksia paperin ja näytön välillä ovat mm. lukuergonomia, rivien pituus, lukumäärä ja riviväli, kirjainten koko, kuvan (tekstin pinta-alan) koko ja kuvasuhde, marginaalit, näytön heijastukset, käyttäjän asenteet lukukanavaa kohtaan, käyttäjän kokemukset lukukanavasta, tekstissä etenemistapa sekä vihjeet sijainnista tekstissä. Mitään yhtä muuttujaa ei voida pitää ainoana vaikuttajana näytöltä ja paperilta lukemisen eroihin. /45,54/

Näytöllä esitetyssä tekstissä edetään eri lailla kuin sivuja kääntämällä edettävässä paperille tulostetussa tekstissä. Perinteisesti staattisen sähköisen tekstin liikutteluun on käytetty kahta tekniikkaa: vieritystä (*scrolling*) tai sivutusta (*paging*). Vierityksessä tekstiä liikutetaan näytöllä esimerkiksi rivi kerrallaan ylöspäin käyttäen hiirtä tai näppäimistöä. Uusi rivi ilmestyy näkyviin näytön alareunaan ja ylin rivi katoaa näkyvistä, sanat siirtyvät joka vieritysaskeleella ylöspäin kunnes häviävät näkyvistä. Sivutuksessa tekstiä liikutetaan näytöllä näkyvä tekstimäärä kerrallaan. Tällöin kukin sana näkyy näytöllä vain yhdessä paikassa. On olemassa todisteita siitä, että lukijat tallentavat visuaalisen muistikuvan tekstissä sijaitsevista kohdista sen perusteella, missä ne sijaitsevat sivulla ja koko dokumentissa /24/. Vieritettäessä tekstiä tieto eri kohtien sijaitsemisesta sivulla heikkenee /24/.

CRT-näyttöjen ominaisuudet voivat vaikuttaa lukusuoritukseen. Alhaisesta virkistystaajuudesta johtuva välkyntä ja näytön korkea luminanssitaso voivat hidastaa lukemista. Useissa tutkimuksissa virkistystaajuuden, luminanssin ja kontrastin muutoksien on havaittu vaikuttavan aivotoimintaan, etenkin korkeamman tason kognitiiviseen prosessointiin. /32/

4.2 Dynaaminen teksti

Tietokoneen käyttö tekstin esityksessä mahdollistaa myös tekstin esittämisen dynaamisena. Dynaamisilla esitystavoilla voidaan pyrkiä nopeampaan tai tehokkaampaan lukemistulokseen verrattuna staattisen tekstin lukuun.

RSVP (*rapid serial visual presentation*) tarkoittaa menetelmää, jossa teksti esitetään tiettyssä kohtaa ruutua yksi tai muutama sana kerrallaan. Sana tai sanat ovat näkyvissä tietyn ajan, jonka jälkeen ne korvataan seuraavilla sanoilla. RSVP-menetelmää käytettäessä lukijan ei tarvitse tehdä kognitiivisia resursseja vaativia silmän liikkeitä. /55/

Toinen dynaaminen tekstin esitystapa on ns. Times Square –muoto. Siinä tekstiä vieritetään tasaisesti pikseli kerrallaan pienessä ikkunassa sivureunasta toiseen. Times Square –muodossa esitetyllä tekstillä on saatu vähintään yhtä hyviä lukutuloksia kuin RSVP-tekniikalla esitetyllä. /55/

Dynaamisilla esitystavoilla on kuitenkin yksi suuri heikkous: niitä ei ole totuttu käyttämään, ja niiden käyttö ilman perusteellista opettelua lisää käyttäjän psyykkistä kuormittuneisuutta /49/. Toimistotyössä näytöt ovat yleensä niin suuria, ettei dynaamisia tekstin esitystapoja kannattane käyttää.

4.3 Lukuväsymys

Näyttöpäätetyöskentelyn on huomattu aiheuttavan visuaalista väsymystä. Yleisin oire on silmien rasitus, joka voi johtaa yleiseen väsymyksen tunteeseen. Kun silmät joutuvat tekemään nopeita ja tarkkoja liikkeitä, havaitsemis-, keskittymis- ja motoriikkavaatimukset kasvavat aiheuttaen visuaalista väsymystä. Luettaessa pidempään, etenkin luettaessa näytöltä, silmät saattavat alkaa oireilla ja päänsärkyä sekä väsymyksen tunnetta esiintyä. Visuaalinen väsymys voi aiheuttaa tuottavuuden tai laadun heikkenemistä, lisääntyntä virheiden määrää ja lisääntyntä onnettomuusriskiä. /8,9,71/

Muter et al. /53/ tutkivat tekstin lukua sekä kirjasta että television ruudulta. Koehenkilöt jaettiin kahteen ryhmään lukukanavan mukaan, lukukokeen kesto oli kaksi tuntia molemmissa asetelmissa. Koehenkilöiden omiin arviointeihin perustuvissa päänsärky-, pahoinvointi-, huimaus-, väsymys- ja silmien rasitusmäärissä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa kirjasta ja tv-ruudulta lukemisen välillä.

4.4 Näytöltä lukeminen ja periferianäkö

Toimistotyössä käytettävien tietokoneiden näyttöruutujen koot ovat halkaisijaltaan tällä hetkellä tyypillisesti välillä 15-19 tuumaa. Nämä näytöt kattavat normaalilla noin 50-80 cm:n katseluetäisyydellä noin 22-42° käyttäjän vaakasuuntaisesta näkökentästä ja noin 16-32° pystysuuntaisesta näkökentästä. Kyseessä on vain pieni osa ihmisen koko näkökentästä. Näytön koon kasvattaminen lisää näytöltä saatavan informaation määrää perifeerisen näkökentän alueella.

Näytön koolla on huomattu olevan vaikutusta lukemiseen. Tekstin prosessointi on parantunut suuria näyttöjä käytettäessä. Tämä voidaan osin selittää sillä, että suurelle näytölle mahtuu kerralla enemmän tekstiä kuin pienemmälle. Dillon et al. /24/ tutkivat

näytön koon ja lauseen eri sivuille jakamisen merkityksiä pitkäköiden tekstien lukemisessa. Luetun ymmärtämisen taso oli hieman korkeampi, joskaan ei tilastollisesti merkitsevästi, suuremman ikkunakoon tapauksessa. He päättelivät, että näytön koko vaikutti lukijoiden vuorovaikutukseen tekstin kanssa. Lukunopeuden on huomattu hidastuvan näytöllä olevan sanamäärän vähentyessä. Näytöistä, joihin mahtuu enemmän informaatiota kerralla, voi olla hyötyä kognitiivisessa prosessoinnissa. Lukija saa paremman käsityksen tekstin rakenteesta ja sen hetkisestä sijainnista dokumentissa, kun enemmän tekstiä on kerralla näkyvissä. Mikäli lukusuoritus paranee näytön koon ja sen kautta tekstin määrän kasvaessa, voitaisiin olettaa, että perifeerisistä näkökentästä on hyötyä lukutehtävien yhteydessä, vaikkei sillä varsinaisessa sanojen lukemisessa havaintokentän rajoittuneen koon vuoksi suurta merkitystä olisikaan. /19,24,36,55/

Melko edullinen tapa lisätä näyttöpinta-alaa ja periferianäön käyttöä toimistoympäristössä on käyttää useampia monitoreja esimerkiksi rinnakkain. Usean monitorin käyttö on tehostanut käyttäjien tuottavuutta keskimäärin 9 %, leikepöydän käytön yhteydessä jopa 50% /65/. Toimistotyössä tehdyn haastattelututkimuksen perusteella kahden monitorin käyttö koettiin vähemmän kuormittavammaksi kuin pelkän yhden näytön käyttö, koska kerralla esitetyn informaatiomäärän kasvun vuoksi muistettavien asioiden määrä väheni /60/. Tutkimuksessa, jossa eri näyttöasetelmien tehokkuutta arvioitiin oikoluku- ja hakutehtävien perusteella, todettiin kahden rinnakkain asetetun pöytänäytön käytön olevan suositeltavaa /60/. Nykyään markkinoilta löytyy työpöydälle sopivia, korkearesoluutioisia laajakuvakulmaisia näyttöjä. Tässä työssä käytettiin Viewsonicin 22,2" LCD-näyttöä. Näytön 3840x2400 maksimiresoluutiolla 10 pisteen teksti koostuu 30,4 pikselistä. Korkean resoluution ja 16:10-kuvasuhteen vuoksi tekstin esitys näytöllä esimerkiksi A4-kokoinen aukeama kerrallaan on mahdollista.

4.5 Näytön resoluution vaikutus

Resoluution tai merkkien terävyyden merkitys kuvan laatuun on Smithin ja Cohenin /69/ mukaan erittäin merkittävä. Tekstin esityksessä resoluution tulisi mahdollistaa terävät, sileäreunaiset ja selkeät kirjaimet, jotta luettavuus ei kärsisi eikä lukija kokisi lukemista epämiellyttävänä ja hankalana.

Ziefle /77/ tutki lukemista paperilta, jolloin resoluutio oli 255 dpi (pistettä tuumalla), sekä näytöltä kahdella resoluutiolla, 1664x1200 (120 dpi) ja 832x600 (60 dpi). Suurin lukunopeus ja paras oikolukutulos saavutettiin paperilta luettaessa. Korkeampi-resoluutioisella näytöllä ei saatu parempaa lukusuoritusta kuin matalammalla resoluutiolla. Lukijoista 80% piti eniten paperilta lukemisesta, ja loput 20% valitsivat korkeampiresoluutioisen näytön suosikikseen. Visuaalisessa hakutehtävässä Ziefle vertasi 1024x768 (89 dpi) ja 720x540 (62 dpi) näyttöjä. Koehenkilöt suoriutuivat hakutehtävästä nopeammin korkealla resoluutiolla. Zieflen mukaan mitä korkeampi resoluutio on, sitä nopeammin tekstiä luetaan, sitä vähemmän tehdään fiksaatioita yhtä riviä kohti ja sitä pienempi on fiksaation kesto.

Tutkimustuloksia lukemisesta korkearesoluutioisilta, erottelukyvyltään vähintään 200 pikseliä tuumalla olevista näytöiltä ei juuri löytynyt. Gille et al. /33/ vertasivat tekstin

editointi- ja taulukkolaskentatehtävien suorituskyyä 204 dpi ja 98 dpi LCD- ja 114 dpi CRT-näytöillä. Korkeimman resoluution LCD-näytöllä saavutettiin editointitehtävässä parhaat tulokset. Nielsen mainitsee artikkelissaan /57/, että erottelukyvyltään 300 ppi näytöillä lukunopeus olisi sama kuin paperilla.

5 KUORMITTAVUUS

5.1 Yleistä

Työkuormalla tarkoitetaan yksinkertaisimmillaan ihmisen tai laitteen tekemän työn määrää /16/. Kuormittavuus voidaan jakaa fyysiseen ja psyykkiseen kuormittavuuteen.

Kuormittavuus ei riipu pelkästään suoritettavasta tehtävästä, vaan myös kuormittavasta henkilöstä ja tämän ominaisuuksista. Henkinen kuormittavuus voidaankin määritellä tehtävän suoritukseen käytetyn informaationkäsittelykapasiteetin määräksi /22/. Kaikki henkilöt eivät koe kuormittavuutta yhtä suurena, vaikka suoritettava tehtävä olisikin sama. Yksilöllisten kapasiteettierojen lisäksi koettuun kuormittavuuteen vaikuttavat esimerkiksi henkilön motivaatio, tunnetila ja tapa suorittaa tehtävä /22/.

Psyykkistä kuormittavuutta ei voida mitata suoraan, vaan sen arviointiin on kehitetty monia epäsuoria menetelmiä. Nämä mittausmenetelmät voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään: subjektiiviset arviointimenetelmät, suorituskyvyn mittausmenetelmät ja fysiologiset menetelmät /59/. Suorituskykymittauksissa mitataan henkilön pääasiallisen tehtävän suoritustasoa, kuten virheiden määrää. Toinen tapa on lisätä pääasiallisen tehtävän rinnalle toissijainen tehtävä, ohjeistaa testattava henkilö säilyttämään ensisijaisen tehtävän suorituksen taso ennallaan, ja mitata toisen tehtävän suorituskyyä /22/.

Tässä luvussa tarkastellaan subjektiivisia ja objektiivisia psyykkisen kuormittavuuden arviointimenetelmiä. Subjektiivisista menetelmistä lähemmin tarkastellaan NASA Task Load Indexiä. Objektiivisista menetelmistä perehdytään fysiologisiin menetelmiin, erityisesti sydämen sykevaihtelun ja silmien räpytystiheyden mittauksiin.

5.2 Subjektiiviset psyykkisen kuormittavuuden arviointimenetelmät

5.2.1 Yleistä

Subjektiivisilla kuormittavuuden mitoilla tarkoitetaan henkilön itsensä tekemiä arviointeja tehtävän suorittamiseen tarvittavista ponnisteluista. Subjektiiviset kuormittavuusmitat ovat eniten käytettyjä kuormittavuuden mittoja /37/. H.R. Jex /43/ painotti, että kaikki objektiiviset kuormittavuusmittaukset tulisi kalibroida mitattavan henkilön subjektiivisen kuormittavuusarvion mukaan.

Suurimpana vaikuttajana subjektiivisilla arviointimenetelmillä saatuihin kuormittavuuden arvioihin pidetään yksilöiden välisiä eroavuuksia /51/. Juuri subjektiivisuutta pidetäänkin menetelmien etuna /22/. Subjektiivisilla menetelmillä on korkea *face validity* /22/. Tämä tarkoittaa sitä, että koehenkilöt itse kokevat testit mielekkäiksi ja järkeviksi mitattavan suureen eli kuormittavuuden suhteen. Menetelmät ovat helppokäyttöisiä ja edullisia käyttää. Mikäli arvioinnit suoritetaan tehtävän suorituksen jälkeen eikä niiden aikana, ne eivät myöskään häiritse itse tehtävän suoritusta /22/.

Subjektiivisuuteen liittyvät myös menetelmien huonot puolet. Jotta menetelmät olisivat käyttökelpoisia, täytyy testattavien henkilöiden pystyä arvioimaan kuormittuneisuuttaan

jollakin määritellyllä asteikolla. Jotkut henkilöt voivat myös sekoittaa kuormittavuuden ja suorituskyvyn arvioinnin /59/.

Yleisimpiä subjektiivisia arviointimenetelmiä ovat SWAT (*Subjective Workload Assessment Technique*), MCH (*Modified Cooper-Harper Scale*) ja NASA-TLX /22/. SWAT arvioi kuormittuneisuutta kolmella ulottuvuudella: ajallisella kuormalla, henkiselä vaivannäöllä ja stressikuormalla /51/. Alun perin lentäjille kehitetystä Cooper-Harperin asteikosta muunneltu MCH on yksiulotteinen arviointityökalu, jossa kuormittavuuden arvio saadaan suoraan useilla henkilölle esitettävillä kysymyksillä /22/. Seuraavassa käsitellään tarkemmin tässä työssä tehdyissä kokeissa käytettyä NASA-TLX-arviointimenetelmää.

5.2.2 NASA-TLX

NASA Task Load Index (NASA-TLX) on NASA Ames Research Centerin Human Performance Groupin kehittämä subjektiivisen kuormittavuuden moniulotteinen arviointityökalu /37/. Task Load Index tarkastelee kuormittavuutta kuuden osa-alueen kautta. Nämä osa-alueet ovat henkinen rasittavuus, fyysinen rasittavuus, ajallinen rasittavuus, suorituskky, vaivannäkö ja turhautuneisuus. Koehenkilö arvioi jokaisen osa-alueen suuruuden tehtävän suorituksessa esimerkiksi 20-portaisella asteikolla. Osa-alueita myös vertaillaan pareittain: koehenkilö valitsee jokaisesta parista sen, joka vaikuttaa enemmän kokonaistyydytykseen kyseisen tehtävän suorituksessa. Parittaisista vertailuista saadaan selville kuormittavuuden osa-alueiden henkilökohtaiset painokertoimet. Eri osa-alueiden luokittelujen painokertoimilla painotettu keskiarvo arvioi kyseisen henkilön kokonaistyydytykseen. Käyttämällä painokertoimia koehenkilöiden välistä vaihtelua saadaan pienennettyä ja subjektiivisesti merkityksellöiksi koettuja kuormittavuuden osa-alueita ei korosteta liikaa. Taulukossa 1 on esitetty NASA-TLX:n mukaiset kuormituksen osa-alueet sekä niiden määritelmät ja asteikkojen päätepisteet.

Task Load Indexiä on sovellettu moniin erilaisiin olosuhteisiin. Sitä on käytetty esimerkiksi pitkäkestoisten tarkkaavaisuustehtävien ja lentosimulaatioiden yhteydessä /23/. TLX on osoittanut henkilöiden pystyvän arvioimaan psyykkisen kuormituksensa tasoja /23/. Mayes et al. /50/ käyttivät Task Load Indexiä psyykkisen kuormituksen arviointiin vertaillessaan paperilta ja näytöltä lukemista. TLX ei osoittanut eroja kuormituksessa näytöltä ja paperilta lukemisen välillä, mutta TLX korreloi negatiivisesti vahvasti luetun ymmärtämisen kanssa. Tutkittaessa työmuistin vaatimuksien kasvun vaikutusta kuormittavuuteen havaittiin, että Task Load Indexin suorituskky-osa-alueella saavutettiin eroja paperin ja näytön välillä. Aiemmassa diplomityössä /60/ TLX:ä käytettiin erilaisilla näyttöasetelmilla tehtyjen oikolukukokeiden kuormittavuuden arviointiin. Näyttöasetelma vaikutti tilastollisesti merkitsevästi Task Load Indexin arvoihin.

Taulukko 1 NASA-TLX kuormittavuusarviointiasteikon osa-alueiden määritelmät /37/

| Nimike | Päätepisteet | Kuvaus |
|-----------------------|---------------------|---|
| HENKINEN RASITTAVUUS | <i>Vähän/Paljon</i> | Kuinka paljon henkistä työtä vaadittiin (kuten ajattelua, päätöksentekoa, laskemista, muistamista, katselua, etsimistä jne.)? Oliko tehtävä helppo vai vaativa, yksinkertainen vai monimutkainen? |
| FYYSINEN RASITTAVUUS | <i>Vähän/Paljon</i> | Kuinka paljon ruumiillista työtä vaadittiin (kuten työntämistä, vetämistä, kääntämistä, ohjaamista, aktivoimista jne.)? Oliko tehtävä helppo vai työläs, kevyt vai raskas? |
| AJALLINEN RASITTAVUUS | <i>Vähän/Paljon</i> | Kuinka paljon paineita tehtävien esiintymisnopeus aiheutti? Oliko vauhti verkkaisaa ja rauhallista vai nopeaa ja kiihkeää? |
| SUORITUSKYKY | <i>Hyvä/Huono</i> | Kuinka hyvin onnistuit saavuttamaan kokeen järjestäjän (tai itsesi) vaatimukset? Kuinka tyytyväinen olit vaatimusten saavuttamissuoritukseesi? |
| VAIVANNÄKÖ | <i>Vähän/Paljon</i> | Kuinka paljon sinun täytyi työskennellä (henkisesti ja ruumiillisesti) saavuttaaksesi suoritustasosi? |
| TURHAUTUNEISUUS | <i>Vähän/Paljon</i> | Kuinka epävarma, lannistunut, ärsyntynyt, kiusaantunut, rasittunut ja harmistunut olit tehtävän aikana verrattuna varmaan, tyytyväiseen, itseluottavaiseen ja rentoutuneeseen? |

5.3 Fysiologiset psyykkisen kuormittavuuden arviointimenetelmät

5.3.1 Yleistä

Psyykkinen kuormittuneisuus aiheuttaa muutoksia henkilön fysiologisiin toimintoihin. Mittaamalla näitä toimintoja ja analysoimalla niiden muutoksia voidaan arvioida henkilön suorittaman tehtävän kuormittavuutta. /51/

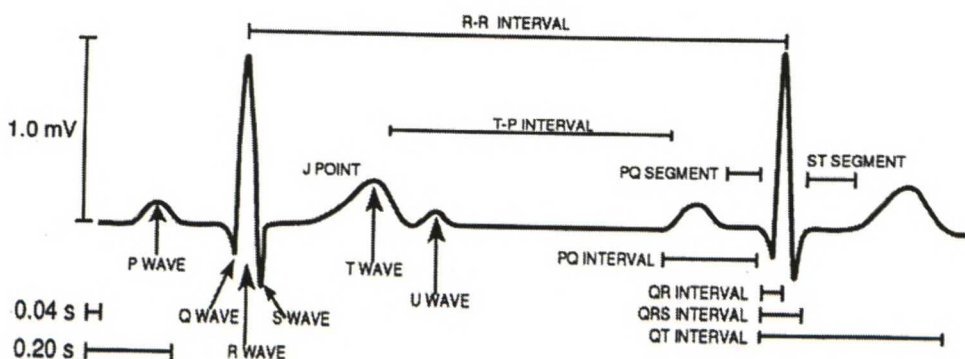
Fysiologisilla kuormittavuusmitoilla on omat hyvät puolensa. Ne eivät häiritse kovinkaan paljon itse tehtävän suoritusta. Fysiologiset mittaukset voidaan suorittaa ilman, että henkilön tarvitsee kertoa avoimesti omasta suorituksesta ja kuormittuneisuuden tuntemuksistaan. Moniulotteisilla fysiologisilla mitoilla saadaan esiin erilaisia näkökulmia kuormittavuudesta. Mikäli fysiologisia toimintoja mitataan koko suorituksen ajan, saadaan tietoa kuormittavuuden muutoksista suorituksen aikana. /66/

Menetelmillä on myös huonoja puolia. Mittauksiin mahdollisesti tarvittava erityinen laitteisto voi olla kallis ja hankala käyttää. Mittaaja tarvitsee teknistä ymmärtämystä menetelmän ja laitteiston toiminnasta. Ihmisen fysiologisiin toimintoihin vaikuttavat muutkin seikat kuin psyykinen kuormittavuus, kuten esimerkiksi fyysinen kuormittavuus, eikä fysiologisia mittaustuloksia voida suoraan rinnastaa psyykkiseen työkuormaan. /22,23/

Kuormitusta on arvioitu fysiologisesti käyttäen apuna esimerkiksi aivosähkökäyrää (EEG), magneettienkefalografiaa (MEG), elektro-okulografiaa (EOG) ja positroniemissiotomografiaa (PET). Mitattuja fysiologisia toimintoja kuormituksen arvioimiseksi ovat olleet esimerkiksi kardiovaskulaariset toiminnot kuten sydämen syke, sykevaihtelut ja verenpaine, silmän liikkeet, pupillin halkaisija, hengitys, silmän räpytystiheys sekä räpäyksen kesto /22,66/. Seuraavissa kohdissa perehdytään tarkemmin testeissä käytettyihin sykevaihteluun ja silmän räpäytyksiin perustuviin kuormittavuusarviointeihin.

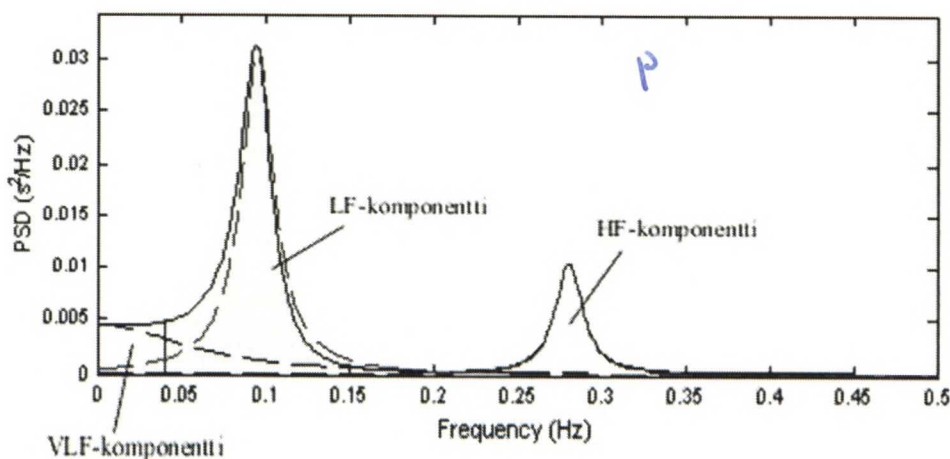
5.3.2 Sydämen sykevaihtelu

Sydämen toiminnan mittaukset ovat olleet yksi yleisimmin käytetyistä kuormittavuuden fysiologisista arviointimenetelmistä /22/. Sympaattisen ja parasympaattisen autonomisen hermoston tasapaino on yksi suuri tekijä sydämen peräkkäisten lyöntien välisen ajan vaihtelussa /46/. Kuormitusmittauksissa sykeväli mitataan yleensä kahden peräkkäisen R-piikin välisenä aikana (*R-R interval*). Kuvassa 10 on osa elektrokardiogrammikuva (EKG), josta nähdään mitä R-piikillä tarkoitetaan /3/.



Kuva 10 Esimerkki EKG-käyrästä. Sykeväli mitataan yleensä kahden R-piikin välisenä aikana (*R-R interval*) /3/

Tarkasteltaessa sykevaihtelua taajuustasossa siinä voidaan erottaa kolme kaistaa. Kuvassa 11 on havainnollistettu näitä kaistoja. Korkeataajuisen kaistan (HF, *high frequency band*, noin 0,15-0,50 Hz) sisältämän vaihtelun oletetaan aiheutuvan hengityksestä. Matalataajuinen kaista (LF, *low frequency band*, 0,05-0,14 Hz) on kytköksissä lyhyen aikavälin verenpaineen säätelyyn, ja erittäin matalataajuisen kaistan (VLF, *very low frequency band*, 0,2-0,04 Hz) sisältämän vaihtelun oletetaan aiheutuvan kehon lämpötilan säätelystä /22,66/. Tosin tähän kaistaan vaikuttavista tekijöistä on eniten epätietoisuutta. Näistä sykevaihtelun taajuuskaistoista etenkin matalataajuinen kaista on ollut kiinnostuksen kohteena tutkittaessa psyykkistä kuormittavuutta /66,72/. Mikäli tehospektrissä tällä niin sanotulla 0,1 Hz:n kaistalla esiintyy korkeampi piikki ja tehomäärä on suurempi, on sen osoitettu merkitsevän pienempää psyykkistä kuormittuneisuutta /22,31,67/. Mikäli komponentti on litistynyt, sykevälin vaihtelu tällä taajuusalueella on vähäisempää ja tehtävän kuormittavuus siten suurempaa /67/.



Kuva 11 Esimerkki sykevaihtelusignaalin taajuuskomponenteista Kuopion yliopiston Sovelletun fysiikan laitoksen Biosignaalien ja lääketieteellisen kuvantamisen tutkimusryhmän kehittämän HRV Analysis for Windows 1.1 SP1 ohjelman (saatavilla pyyntöä vastaan [www.sta](http://www.sta.fi/biosignal/winhrv.shtml), <URL: <http://it.uku.fi/biosignal/winhrv.shtml>>) avulla kuvattuna

Sykevaihtelun mittaaminen ei ole kovin monimutkaista ja esimerkiksi parhaimmissa kuluttajille myytävissä sykemittareissa on sykevälien mittaumahdollisuus. Näitä mittareita voidaanakin käyttää tarvittaessa EKG:n tallentamiseen.

Hengityksen rytmin muutokset ja sen vuoksi puhuminen vaikuttavat 0,1 Hz:n komponenttiin. Analysoitaessa psyykkistä kuormittavuutta sykevälien taajuustason tarkastelun avulla tulisikin koehenkilön hengittää tasaisesti ja välttää puhumista. Myös fyysinen kuormittuminen saattaa vaikuttaa sykevälien vaihteluun, tosin etenkin kuormituksen pysyessä vakiona ei vaikutus 0,1 Hz:n kaistalla ole osoittautunut kovin suureksi. /22,23,58/

5.3.3 Silmien räpytys

Silmän räpäyksiä, joita ei ole aiheuttanut mikään ulkoinen ärsyke, on käytetty useissa tutkimuksissa psyykkisen kuormituksen arvioinnissa /67/. Silmän räpäyksistä on tutkittu

räpytystiheyttä, räpäyksen kestoa ja silmän räpäyksen latenssia eli aikaviivettä ärsykkeen esiintymisen ja räpäyksen välillä /22/.

Räpytystiheyden eli sen, kuinka usein henkilö räpäyttää silmiään, on huomattu pienenevän kuormittavuuden lisääntyessä. Yamada /76/ päätteli tutkimustuloksissaan, että pidentyneet silmänräpytysten välit visuaalisen tehtävän suorituksen aikana saattoivat johtua vaativasta tehtävästä, psyykkisen kuormittavuuden lisääntymisestä ja henkilölle vertailutehtävää mielenkiintoisemmasta tehtävästä. Veltman ja Gaillard /72/ totesivat välien olevan pidemmät testiensä visuaalisesti kuormittavammissa osissa, ja Brookings et al. /18/ osoittivat henkisen vaatimustason nousun pidentävän räpytysvälejä. Fournier et al. /31/ tutkivat usean samanaikaisen tehtävän kuormittavuutta mm. silmänräpäyksien avulla. Räpytystiheys erosi tilastollisesti merkitsevästi yhden tehtävän ja monen samanaikaisen tehtävän suorituksen kohdalla räpytysten ollessa tiheämmässä pelkästään yhden tehtävän suorituksessa /31/. Toisaalta tihentynyttä silmien räpyttelyä on pidetty väsymisen osoittajana /22/.

5.4 Kuormittavuus näytöltä lukemisessa

Mikäli työpiste ei ole ergonomisesti oikein suunniteltu, voi näytöltä lukeminen kuormittaa fyysisesti paperilta lukua enemmän. Lukiessaan näytöltä lukija on enemmän sidottuna tiettyyn lukuasentoon. Näyttöillä on paperia rajoittuneemmat liikuttelu- ja kallistelumahdollisuudet. Erilaiset heijastukset näyttöruudulta voivat hankaloittaa lukemista.

Visuaalisten tehtävien suorituksen aiheuttama silmien rasitus alentaa silmien suorituskykyä, ja tehtävät vaativat lukijalta enemmän vaivannäköä ja ponnisteluja kuin esimerkiksi paperilta luettaessa. Suorituskyvyn alenemisen vaikuttaisi aiheuttavan kaksi eri prosessia. Nämä ovat näköjärjestelmän heikentynyt suorituskyky silmän lihasten ollessa pitkään jännittyneenä sekä lisääntynyt kognitiivinen vaivannäkö ja keskittyneisyys. /50/

Kun näyttökokoa kasvatetaan, lukijan näköaistin kautta saama olennainen informaatiomäärä kasvaa. Kiinnostavaa on tietää, aiheuttaako tämä kuormittavuuden lisääntymistä. De Bruijn et al. /21/ tutkivat näytön koon ja tekstin ulkoasun vaikutusta näytöllä esitettävän tekstin oppimisessa. Vertailtavana olivat 12 ja 15 tuuman näytöt sekä hyvin ja huonosti järjestellyt tekstit. Tutkimuksessa käytettiin toissijaisen tehtävän suorituskyvyn mittausta kognitiivisen rasittavuuden selvittämiseen. Tutkimustulokset viittasivat siihen, että näytön koolla ja tekstin ulkoasulla ei ollut merkittävää vaikutusta rasittavuuteen /21/. Toisaalta, jos tekstiä on näkyvissä vähemmän kerrallaan eli näyttökoko on pieni, kuormittaa se lyhytkestoista muistia enemmän /36/.

Rantanen ja Goldberg /61/ tutkivat kuormituksen vaikutusta näkökentän kokoon ja muotoon. Tutkimustulokset tukivat näkemystä, että näkökenttä pienenee henkisen kuormituksen kasvaessa. Kun kuormitusta lisättiin muistitehtävän avulla, näkökenttä pieneni reunoistaan, ja myös sen muoto muuttui hieman.

6 LUKEMISMITTAUKSET

6.1 Johdanto

Kokeiden tarkoituksena oli selvittää, oliko laajakuvakulmaisesta, korkearesoluutioisesta näytöstä etua lukemistehtävissä pienemmällä alalla tai matalammalla resoluutiolla tapahtuvaan tekstin esitykseen verrattuna. Vertailtiin, oliko koko näytön pinta-alaa hyödyntävissä eri tekstin asettelutavoissa havaittavissa eroja, oliko joku asettelutapa parempi kuin toinen. Lisäksi tutkittiin, erosiko enemmän informaatiota kerralla antava näyttö lukutehtävissä psyykkisen kuormittavuuden osalta pienemmästä tai matalaresoluutioisemmasta näytöstä.

Mittauksissa oli tarkoitus selvittää mahdollisia periferianäön ja resoluution vaikutuksia näytöltä luettaessa laajakuvakulmaisen korkearesoluutioisen näytön avulla. Vertailuna koko näytön alalle asetelluille teksteille oli samalla näytöllä pienemmässä ikkunassa esitetty teksti. Korkealla resoluutiolla esitellyille teksteille vertailukohtana käytettiin matalammalla resoluutiolla esitettyjä tekstejä. Käyttämällä samaa näyttöä kaikissa koetilanteissa poistettiin luminanssierojen ym. näytön ominaisuuksista johtuvien erojen vaikutus tuloksiin.

Kokeissa mitattiin seuraavia kriteereitä:

- 1) *Lukunopeus*: Koehenkilöiden lukunopeus luettuina sanoina minuutissa, mitattuna tekstin lukuaikana jaettuna tekstin sanojen määrällä
- 2) *Luetun ymmärtäminen*: Koehenkilöiden luetun ymmärtämisen taso, laskettuna tekstin lukemisen jälkeen lomakkeella esitettyjen monivalintakysymyksien oikeiden vastausten lukumääränä jaettuna kaikkien kysymysten lukumäärällä
- 3) *Lukuteho*: Koehenkilöiden lukuteho lukunopeuden ja luetun ymmärtämisen tulona
- 4) *NASA Task Load Index*: Subjektiiivinen kuormittavuusarviointi jokaisesta testin asetelmasta henkilökohtaisten kuormittavuuden osa-alueiden painokertoimien avulla
- 5) *Sydämen sykevaihtelun 0,1 Hz teho*: Fysiologinen kuormittavuusarviointi sykemittarilla mitattujen sykevälien taajuustason analyysillä
- 6) *Vähintään 50 ms eroavien sydämen peräkkäisten sykevälien prosentuaalinen osuus kaikista sykeväleistä (pNN50)*: Fysiologinen kuormittavuusarviointi sykevälien aikataason analyysillä
- 7) *Silmän räpytystiheys*: Kuvattujen silmänräpäyksien määrästä lukemisen aikana laskettu räpytystiheys räpytyksien määränä minuutissa
- 8) *Miellyttävyysarviointi*: Testihenkilöiden valitsema miellyttävin tekstin asettelutapa neljästä testissä käytetystä vaihtoehdosta

Kokeet jakautuivat kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa vertailtiin erilaisia tekstin esitystapoja laajakuvakulmaisella näytöllä korkealla resoluutiolla koko ruudulla verrattuna

pienemmällä alalla esitettyyn tekstiin. Toisessa osassa verrattiin ikkunassa ja koko ruudulla esitettyjen tekstien lukusuorituksia korkealla sekä tätä puolet matalammalla resoluutiolla.

6.2 Menetelmät

6.2.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä toimi sekä Viestintätekniikan laboratorion henkilökuntaa että vapaaehtoisia laboratorion ulkopuolisia henkilöitä. Koehenkilöitä oli yhteensä 11, joista seitsemän oli naisia ja neljä miehiä. Koehenkilöt olivat iältään 22-30-vuotiaita keskiarvon ollessa 25,27 vuotta ($s = 2,28$). Kaikki testatut ilmoittivat näkökenttensä olevan ainakin näytön kokoon asti normaali ja äidinkieltänsä suomi. Kolme koehenkilöä käytti silmälaseja, kenelläkään ei ollut piilolinsskejä.

Kymmenen yhdestätoista koehenkilöstä käytti tietokonetta keskimäärin yli viisi tuntia päivässä ja kaikki henkilöt yli kaksi tuntia päivässä. Tekstien näytöltä lukemisen määrän arvioinneissa, asteikolla 1-5 (jossa 1 = ei lue lainkaan tekstejä näytöltä ja 5 = lukee paljon tekstejä näytöltä) oli jonkin verran eroavuutta henkilöiden välillä. Koehenkilöiden keskiarvo näytöltä lukemisessa oli 2,55 (pienin vastattu arvo = 1, suurin vastattu arvo = 4). Ne henkilöt, jotka arvioivat näytöltä lukemisensa määrän vähintään arvolla 3, vastasivat myös kysymykseen kuinka usein käyttävät koko näyttöalaa tekstin esittämiseen. Vastausten mediaani oli keskimäinen kolmesta vaihtoehdosta, ”toisinaan”.

Lukemisensa määräksi ylipäättensä viisiportaisella asteikolla (1 = ei lue lainkaan, 5 = lukee paljon) koehenkilöt arvioivat keskiarvoisesti 3,36 (min = 2, max = 5). Lukemisen harjaantuneisuuden tason arvion keskiarvo oli 3,27 (min = 2, max = 4).

Kokeiden ensimmäiseen osaan osallistui kahdeksan koehenkilöä. Toiseen osaan osallistui yksi henkilö ensimmäisen osan testatuista, sekä lisäksi kolme muuta henkilöä. Kaikkien koehenkilöiden eriteltyt vastaukset taustatietokysymyksiin löytyvät liitteestä 3.

6.2.2 Olosuhteet

Testit toteutettiin ikkunallisessa huoneessa. Huoneen valaistusta ei säädetty mihinkään tiettyyn arvoon, koska järjestely olisi vaatinut ikkunasta tulevan luonnonvalon eliminoimisen. Luonnonvalon lisäksi huone oli valaistu katossa olevien loisteputkivalaisimien avulla. Näiden järjestelyiden avulla pyrittiin tyypillistä toimistoympäristöä vastaavaan valaistukseen.

Henkilöiden etäisyys näytöstä oli 0,50 m. Tuolin he saivat säätää vapaasti mieluisakseen.

6.2.3 Laitteisto

Testeissä käytettiin ViewSonic VP2290b LCD-näyttöä. Näytön tiedot on esitetty taulukossa 2, jossa on myös vertailukohtana mainittu paperin ja tyypillisen tämän hetken pöytänäytön ominaisuuksia /4,13,14/. Korkean resoluution testitilanteissa näytön resoluutio oli 3840x2400 pikseliä, toisen osan vertailutesteissä resoluutio asetettiin puolta pienemmäksi eli 1920x1200 pikseliin. Alempi resoluutio oli alhaisin, mitä testeissä käytetty näyttö tarjosi samassa 16:10-kuvasuhteessa. 1920x1200 resoluution pikselimäärä

tuumaa kohden oli 102, joka oli hyvin lähellä taulukossa 2 esimerkkinä tämän päivän tyypillisestä pöytänäytöstä käytetyn Viewsonicin 17” CRT-monitorin 110 dpi arvoa.

Taulukko 2 *Testeissä käytetyn ViewSonic VP2290b -näytön ominaisuuksia sekä paperin ja tyypillisen tämän hetken pöytänäytön ominaisuuksia /4,13,14/*

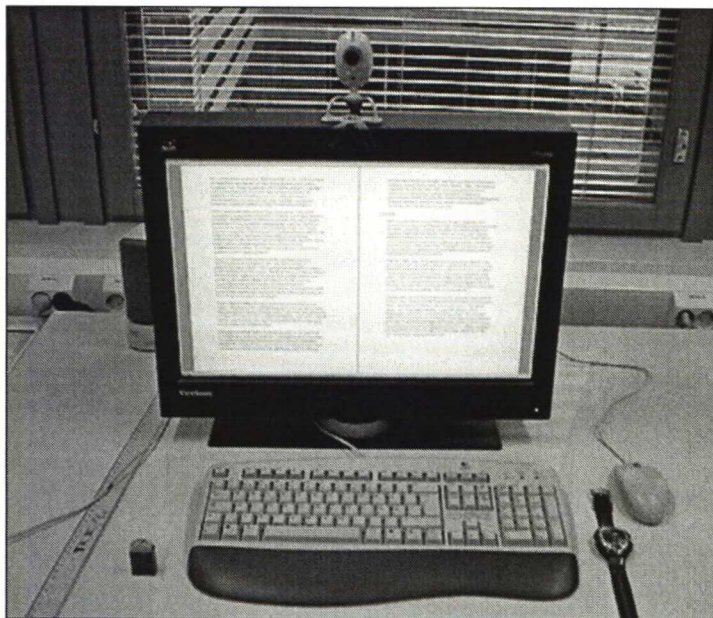
| | ViewSonic VP2290b | HP LaserJet 4200 -tulostin | ViewSonic E70 |
|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Kuva-alan koko | 22.2” (478 mm x 297 mm) | 210 mm x 297 mm (A4) | 16” (310mm x 230mm) |
| Kuvasuhde | 16:10 | 1:√2 (A4) | 4:3 |
| Erottelukyky | 3840x2400 (204 dpi) | 1200 dpi | 1280x1024 (110 dpi) |
| Pikselikoko | 0,12 mm | ---- | 0,23 mm |
| Kirkkaus | 235 cd/m ² | ---- | --- |
| Katselukulma | 170° (vaaka- sekä pystysuuntaan) | ---- | ---- |

Näyttö oli kytkettynä 3,0 GHz Pentium 4 prosessorilla varustettuun tietokoneeseen. PDF-muotoinen teksti esitettiin Adobe Reader -ohjelmaa käyttäen. Tekstissä liikuttiin alaspäin sivutus-tekniikalla näppäimistön PageDown-näppäimellä.

Silmänräpäykset tallennettiin käyttäen Philips ToUcam Pro web-kameraa. Kameran kuvataajuudeksi asetettiin 30 fps ja kuvan resoluutioksi 160x120 pikseliä. Resoluutio valittiin näin alhaiseksi, koska tiedostokoko haluttiin pitää mahdollisimman pienenä ja kuvataajuudesta ei voitu tinkiä. Kamera kytkettiin samaan tietokoneeseen, jolla testitekstit esitettiin. Kamera sijoitettiin näytön yläpuolelle suunnattuna koehenkilön kasvoihin.

Sykevälien mittaamiseen käytettiin Polar S810i –sykemittaria. Sykemittari tallensi sykkeen perättäisten R-piikkien välit millisekunteina. Mittaustulokset siirrettiin rannevastaanottimesta tietokoneelle analysoitavaksi testin jälkeen infrapunavastaanottimen avulla. Sykesignaalien mahdolliset virheelliset arvot korjattiin Polar Precision Performance -ohjelmistolla. Sykevälien vaihtelu analysoitiin käyttäen Kuopion yliopiston Sovelletun fysiikan laitoksen Biosignaalien ja lääketieteellisen kuvantamisen tutkimusryhmän kehittämää HRV Analysis for Windows 1.1 SP1 ohjelmaa (saatavilla pyyntöä vastaan [www:stä, <URL:http://it.uku.fi/biosignal/winhrv.shtml>](http://it.uku.fi/biosignal/winhrv.shtml)).

Kuvassa 12 on nähtävillä testitilanteessa käytettyä testauslaitteistoa.



Kuva 12 Testeissä käytettyä laitteistoa. Näytöllä nähtävissä yksi testiasetelmista, aukeamanäkymä. Pöydällä on sykemittarin rannevastaanotin. Näytön takana on ikkunoita, joista luonnonvalo pääsee testihuoneeseen

6.2.4 Testimateriaali

Testimateriaalina käytettiin Tieteellisten seurain valtuuskunnan julkaiseman Tieteessä tapahtuu –lehden artikkelien verkkoversioita /11/. Artikkelit esitettiin PDF (Portable Document Format)-muodossa, yksipalstaisina. Artikkelit pyrittiin valitsemaan vaikeustasoltaan samanarvoisiksi käyttäen Wiion luettavuusindeksiä /75/. Luettavuusindeksin mukainen artikkelien luokkataso oli välillä 8,4-9,3 (keskiarvo 8,85). Luokkataso saatiin laskemalla se kolmen sadan sanan näytteen luokkatason keskiarvosta testiin sisältyvältä alueelta. Aiheeltaan artikkelit valittiin niin, että ne arviolta olisivat kaikille koehenkilöille yhtä tuttuja. Testissä koehenkilöt lukivat artikkelien alusta 1069-1137 sanaa (keskiarvo 1108 sanaa), joka vastasi paperille tulostettuna noin kolmea-neljää sivua. Käytetty sanamäärä oli kompromissiratkaisu. Tutkimuksessa haluttiin tutkia hieman pidempien dokumenttien lukua näytöltä toimistotyössä, mutta toisaalta kaikki koehenkilöt osallistuivat kuuteen eri testiin ja koeväsymyksen torjumiseksi käytettyä sanamäärää pidempiä testejä ei haluttu käyttää.

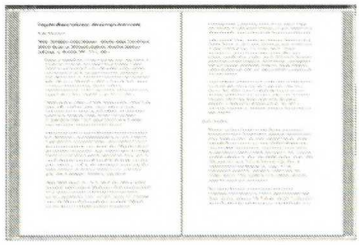
Kokeiden ensimmäisessä osassa käytettiin neljää eri artikkelia. Toisessa osassa käytettiin kahta ensimmäisen osan artikkelia sekä kahta muuta artikkelia. Näin siksi, että yksi koehenkilö osallistui sekä ensimmäisen osan että toisen osan testeihin, eikä samaa artikkelia voitu käyttää samalla henkilöllä kuin yhdessä testiasetelmassa. Käytetyt kuusi artikkelia, niiden testeissä käytetyt sanamäärät ja luokkatasot ovat lueteltuna liitteessä 2.

Taulukossa 3 on esitetty testeissä käytetyt artikkelien eri esitystavat näytöllä. Ensimmäinen esitystapa, tapaus A, oli kahden sivun esittäminen rinnakkain, aukeamana, koko ruudun alueella. Rivinpituus oli noin 72 merkkiä. Artikkeleista luettavien osien pituus oli tässä tapauksessa keskimäärin noin neljä sivua, jolloin koko testiosion lukeminen vaati yhden sivunvaihdon. Toinen esitystapa, tapaus B, oli tekstin esittäminen koko ruudulla lähes ruudun levyisin rivein, rivinpituus oli noin 214 merkkiä. Tällöinkin koko testitekstin

lukemiseen tarvittiin yksi sivunvaihto. Kolmannessa esitystavassa, tapauksessa C, teksti esitettiin myös koko ruudun levyisillä riveillä, mutta nyt kirjasinkoko oli suurempi, jolloin rivinpituus oli lyhyempi. Rivinpituus oli sama kuin aukeama-asetelmassa, noin 72 merkkiä. 50 cm:n etäisyydellä istuttaessa näytön ala kattoi noin 51° vaakasuuntaisesta ja noin 33° pystysuuntaisesta näkökentästä. Vertailukohtana koko ruutua käyttäville testiasetelmille oli taulukon 3 tapaus D, tekstin esitys kooltaan 22,5 cm x 14 cm kokoisessa, näytön kanssa samassa 16:10 kuvasuhteessa olevassa ikkunassa. Tällöin tekstiä oli yhtä paljon näkyvissä kuin koko ruudulla tapauksessa C, mutta tekstin kirjainten koko oli pienempi. Koko testitekstin lukemiseen tarvittiin 7-8 sivunvaihtoa. Tekstin ala marginaaleineen ruudulla oli 23% koko ruudulla samalla lailla esitetystä tapaus C:n pinta-alasta. 50 cm:n etäisyydeltä tarkasteltuna ikkuna peitti noin 25° vaakasuuntaisesta ja noin 8° pystysuuntaisesta näkökentästä. Tapauksissa A, B ja D kirjaimet olivat samankokoisia, I-kirjaimen korkeus näytöllä oli noin 3 mm, pistekoko oli 8. Tapauksessa C I-kirjaimen korkeus oli noin 6 mm ja pistekoko oli 16.

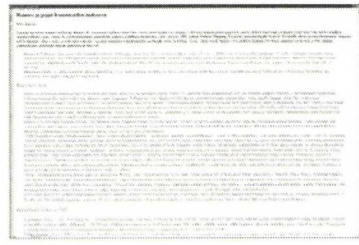
Taulukko 3 Kokeissa käytetyt eri tekstin asettelutavat näyttöruudulla. Tapauksissa A, B ja D tekstin kirjasinkoko oli samaa luokkaa, tapauksissa C ja D tekstin rivinpituus ja kerralla näkyvissä oleva rivimäärä olivat samat. A-, B- ja C-tapauksissa tekstin esitys tapahtui laajemmalla pinta-alalla ja tekstiä oli enemmän näkyvissä periferianäön alueella kuin tapauksessa D

Tapaus A



Teksti kaksi sivua kerrallaan näkyvissä koko ruudun alalla, rivinpituus n. 72 merkkiä, kirjainten korkeus n. 3 mm (pistekoko 8)

Tapaus B



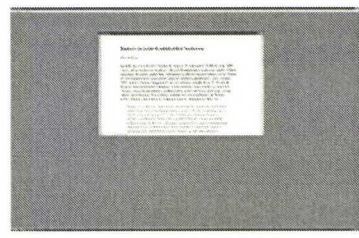
Teksti koko ruudun levyisillä pitkillä riveillä, rivinpituus n. 214 merkkiä, kirjainten korkeus n. 3 mm (pistekoko 8)

Tapaus C



Teksti lyhyemmillä riveillä ja isommalla kirjasinkoolla koko ruudun alueella, rivinpituus n. 72 merkkiä, kirjainten korkeus n. 6 mm (pistekoko 16)

Tapaus D



Teksti lyhyemmillä riveillä kooltaan 23% koko näytöstä olevassa ikkunassa, rivinpituus n. 72 merkkiä, kirjainten korkeus n. 3 mm (pistekoko 8)

Testeissä oli tarkoitus selvittää, voidaanko periferianäköä hyödyntää näytöltä lukiessa. Tapaukset A, B ja C hyödynsivät koko näytön pinta-alaa ja siten niissä teksti kattoi suuremman osan näkökentästä kuin tapauksessa D. Koska tekstin esitystapa, kuten

rivinpituus ja kirjainkoko, voivat vaikuttaa lukusuoritukseen /55/, oli periferianäön vaikutuksen eristäminen hankalaa. Tästä syystä päädyttiin testaamaan kolmella eri lailla koko näytöllä esitettyjä tekstejä.

6.2.5 Kokeiden järjestys

Kokeet jakautuivat kahteen osaan. Ensimmäisen osan testit sisälsivät neljä edellä mainittua tekstin esitystapaa, kun näytön resoluutio oli 3840x2400. Toisen osan testit sisälsivät tapaukset C ja D (tekstin esityksen koko ruudulla isokokoisilla kirjasimilla sekä ikkunassa), kun näytön resoluutio oli joko 3840x2400 tai 1920x1200.

Molemmissa testiosissa käytettiin ns. *within-subject designia*, eli jokainen koehenkilö osallistui jokaiseen testiasetelmaan. Näin esimerkiksi henkilökohtaisista ominaisuuksista johtuvat henkilöiden väliset erot mittaustuloksissa saatiin kontrolloitua.

Testiosien sisäiset esitysjärjestykset kokeen aikana muodostettiin latinalaisten neliöiden avulla. Lisäksi sitä, mikä artikkeli esitettiin missäkin ikkunakoossa, vaihdeltiin. Näillä järjestelyillä pyrittiin eliminoimaan mahdollisen koeväsymyksen ym. testausjärjestyksestä riippuvien muuttujien sekä tekstin sisällön vaikeustason aiheuttamia vaikutuksia testituloksiin. Tarkempi testijärjestyksen kuvaus löytyy liitteestä 4.

Sekä ensimmäisen että toisen osan sisältämät testit tehtiin henkilöä kohden aina yhden päivän aikana. Poikkeuksena oli molempiin testeihin osallistunut koehenkilö, jonka toisen osan testi sisälsi vain matalammalla resoluutiolla tehdyt testit. Korkearesoluutiotestit sisältyivät ensimmäisen osan testeihin, jotka koehenkilö oli tehnyt jo aiemmin.

6.2.6 Kokeiden kulku

Ensin koehenkilöille kerrottiin kokeen tarkoituksista ja mitattavista suureista sekä kokeen kulku. Koehenkilöille näytettiin malliteksti ja kuinka testissä edetään. Koska PDF-dokumenttien luku oletettiin koehenkilöille tutuksi, ei tarkempaa harjoituskierrosta tehty. Tämän jälkeen koehenkilöt saivat täytettäväkseen taustatietolomakkeen. Sykemittaus ja silmänräpäysten tallennus aloitettiin. Koehenkilö aloitti tekstin luvun testaajan kehotuksesta, testaaja käynnisti sekuntikellon. Henkilö luki tekstin ja ilmoitti, kun oli saanut sen luettua. Lukemiseen käytetty aika kirjattiin ylös. Sykkeen mittaus ja silmän räpäytyksiä tallentava kamera pysäytettiin. Tämän jälkeen koehenkilö vastasi lukemansa perusteella luetun ymmärtämistä mittaavalla testilomakkeella neljään monivalintakysymykseen. Luetun ymmärtämisen testikysymykset on esitetty liitteessä 1.

Seuraavaksi koehenkilö arvioi lomakkeella juuri käyttämänsä tekstin esitystapaa kuormittavuuden kannalta. Lomakkeessa oli NASA-TLX:n /37/ mukaiset kategoriat *henkinen rasittavuus*, *suorituskyky*, *vaivannäkö* ja *turhautuneisuus*, joiden suuruutta arvioitiin 20-portaisella asteikolla. Asteikon päätepisteet olivat taulukon 1 mukaiset. Testin luonteen vuoksi merkityksettömiksi koetut kategoriat *fyysinen rasittavuus* ja *ajallinen rasittavuus* jätettiin pois. Kuormittavuusarviointilomake on esitetty liitteessä 1. Koehenkilö luki ja täytti luetunymmärtämis- ja kuormittavuuslomakkeet kaikkien neljän testin kohdalla. Lomakkeet olivat sähköisten sijaan paperiset, jotta testattavien silmät saivat lepoetken näytön katselusta lomakkeiden täyttämisen ajaksi.

Ensimmäisen osan testien jälkeen koehenkilö täytti lukutehtävän kuormituksen osa-alueita yleisesti vertailevan lomakkeen, jotta saatiin selville henkilökohtaiset kuormittavuuden osa-alueiden painokertoimet, sekä miellyttävyyssarviointilomakkeen, jolla hän valitsi miellyttävimmän asetelman tekstin esitykseen näytöllä testeissä käytetyistä vaihtoehdoista. Koehenkilö myös vastasi kysymyksiin lukuväsymyksestä ja artikkelien sisällön vaikeustasosta. Nämä lomakkeet ovat myös esitettyinä liitteessä 1. Toisen osan testien yhteydessä miellyttävyyssarviointia ja lukuväsymyskyselyä ei suoritettu. Lopuksi testattavalta mitattiin vertailun vuoksi ”leposykettä ja -silmänräpäyksiä noin kahden minuutin ajan henkilön katsellessa pelkkää näytön työpöytänäkymää.

Ennen varsinaisia testejä suoritettiin esitesti. Esitestin perusteella koejärjestelyyn tehtiin pieniä muutoksia.

6.2.7 Data-analyysi

Artikkelin vaikutus mittauksiin suodatettiin pois mittaustuloksista ennen tilastollista tarkastelua. Vaikutus poistettiin lisäämällä mittaustulokseen kaikkien mittaustulosten keskiarvon ja niiden mittauksien, joissa oli käytetty samaa artikkelia, keskiarvon erotus. Tällöin asetelmien keskiarvo ja henkilön sisäinen keskiarvo pysyivät muuttumattomina (paitsi silmänräpäysten analyysissä, jossa kahden testatun tuloksia ei ollut mukana). Laskutapa on esitetty yhtälöllä 3:

$$z_{ij} = x_{ij} - \bar{x}_{art_j} + \bar{x} \quad (3)$$

jossa,

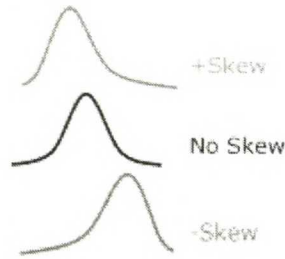
z_{ij} = uusi arvo suurelle x , tekstiasetelma i , artikkeli j
 x_i = mitattu havainto suureesta x , asetelma i , artikkeli j
 \bar{x}_{art_j} = artikkelin j keskiarvo suureesta x
 \bar{x} = kaikkien x :n havaintojen keskiarvo

Kun mittaustulos on osia täydellisestä suorituksesta eli suureella on maksimi-arvo, voi datajakauma on negatiivisesti vino, kuten alin esimerkki kuvassa 13 /64/. Tällöin jakauma voidaan muuntaa normaaliksi sinifunktion käänteisfunktion avulla /28/. Luetun ymmärtämisen, NASA-TLX-tulosten ja artikkelin hankalalukuisuuden kohdalla (kaikki mittasivat osia täydellisestä arvosta) käytettiin yhtälöllä 4 esitettyä muunnosta /28/:

$$x_{norm} = 2 \arcsin \sqrt{x} \quad (4)$$

jossa,

x_{norm} = muunnettu (normalisoitu) havainnon arvo
 x = havainnon arvo



Kuva 13 Jakauman vinous (skewness). Jakauma, jossa suure kuvaa osia täydellisestä suorituksesta, voi olla negatiivisesti vino (alin jakauma) /64/

Ensimmäisessä osassa lukunopeus-, luetun ymmärtämis-, TLX-, sykevälispektrin HF-kaistan teho-, pNN50- ja silmänräpytysmittausdatan käsittely ja analysointi suoritettiin seuraavin vaihein:

1. Jakauman mahdollisen vinouden poisto yhtälön 4 avulla
2. Artikkelin vaikutuksen poisto tuloksista yhtälön 3 mukaisesti
3. Tilastollisesti merkitsevien eroavuuksien etsintä 1-suuntaisella toistettujen mittausten varianssianalyysillä (*repeated measures ANOVA*) 0,05:n merkitsevyystasolla
4. Mahdollisten merkitsevien erojen jatkoanalyysi bonferronin korjauksella tehdyillä parittaisilla t-testeillä, jotta saatiin selville, mitkä ryhmät erosivat toisistaan merkitsevästi (0,05:stä korjattu merkitsevyystaso parittaisille vertailuille oli 0,008)

Toistettujen mittausten varianssianalyysissä on voimassa ns. sfäärisysoletus, eli korrelaatioiden ryhmien sisällä eri ajankohtina (eri asetelmissa) tulisi olla samat. Mikäli oletus ei pitänyt paikkaansa, käytettiin F-arvon laskentaan Huynh-Feldtin menetelmällä korjattua vapausastetta. Analysoinnissa käytetty NCSS-ohjelmisto suoritti automaattisesti sfäärisyyden todennäköisyyden ja korjattujen F-arvojen laskennan toistettujen mittausten varianssianalyysin yhteydessä.

Miellyttävimmäksi valitun testiasetelman merkitsevyys testattiin χ^2 -testillä. Koska eräs χ^2 -testin vaatimuksista, jokaisen asetelman odotetun frekvenssin tulee olla vähintään 5, ei ollut voimassa, χ^2 -testin antamat todennäköisyysarvot eivät välttämättä ole tarkkoja.

Mittojen välille laskettiin Pearsonin korrelaatiokertoimet ja niiden p -arvot mahdollisten riippuvuussuhteiden tutkimiseksi. Merkitsevyystasona p -arvoille käytettiin 0,05:ttä.

Toisessa osassa data esikäsiteltiin kuten ensimmäisessäkin osassa. Tilastollinen analyysi suoritettiin kaksisuuntaisella toistettujen mittausten varianssianalyysillä, jossa faktoreina olivat tekstin pinta-ala (koko ruutu tai ikkuna) ja näytön resoluutio (3840x2400 tai 1920x1200). Artikkelin sisällön hankalalukuisuuden analysointi suoritettiin yksisuuntaisella toistettujen mittausten ANOVAlla kuten testien ensimmäisessäkin osassa. Tilastollinen merkitsevyystaso oli 0,05. Data-analyysi ja tulosten esittäminen graafisesti suoritettiin NCSS-, Matlab- ja ezAnova- ohjelmistoja (Chris Rordenin tekemä ilmainen ANOVA-ohjelma, saatavilla [www:stä](http://www.psychology.nottingham.ac.uk/staff/cr1/ezanova/)

<URL:<http://www.psychology.nottingham.ac.uk/staff/cr1/ezanova/>>) käyttäen.

7 MITTAUSTULOKSET

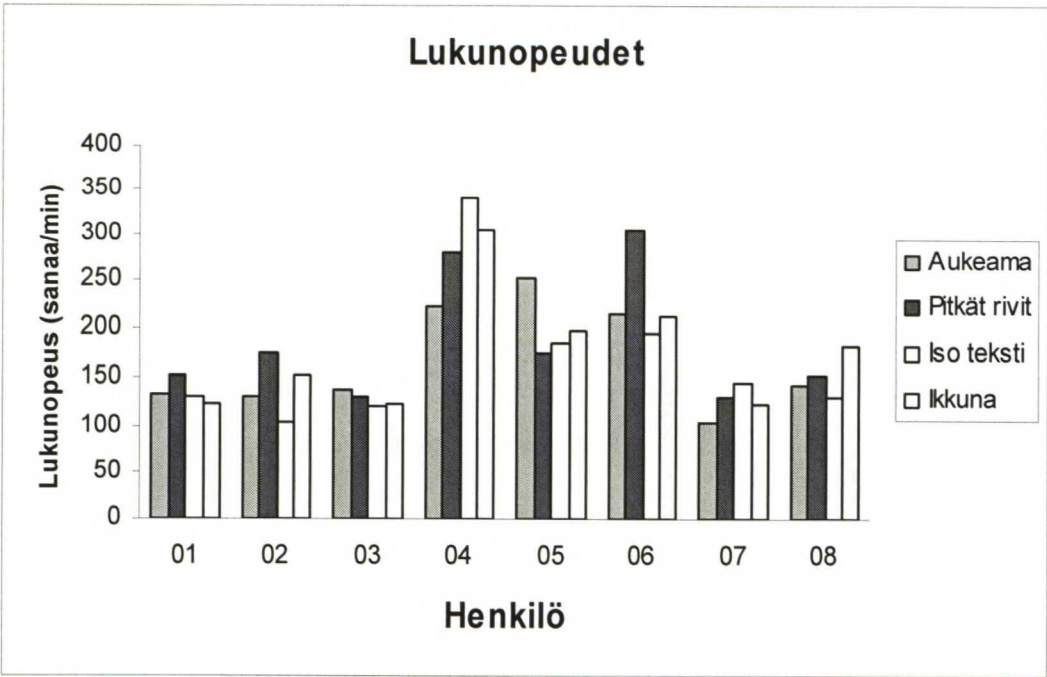
7.1 Yleistä

Tämä tuloksia esittelevä luku on jaettu kahteen osaan testien osioiden mukaisesti. Ensin esitellään korkealla resoluutiolla tehtyjen, näytölle eri lailla aseteltujen tekstien suorituksia vertailevien kokeiden tulokset. Tämän jälkeen kohdassa 7.3 esitellään eri resoluutioilla tehtyjen kokeiden tulokset. Tulosteet tilastollisista analyyseistä ovat liitteessä 5.

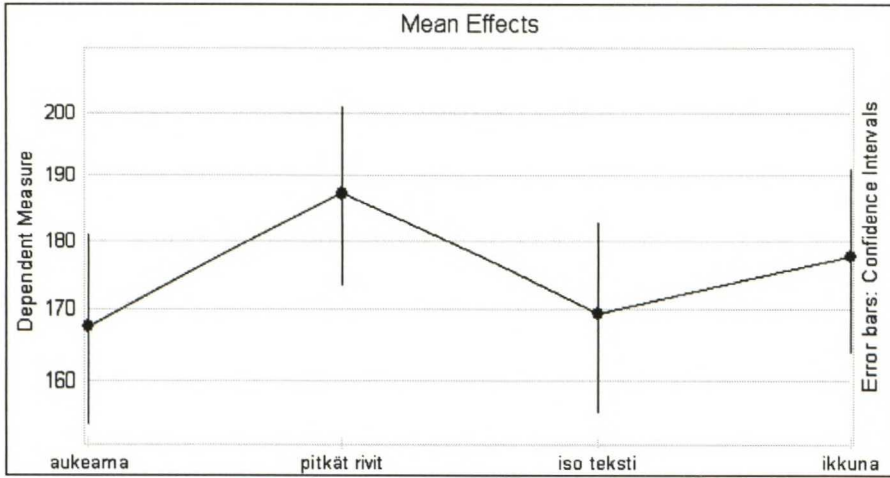
7.2 Näyttöpinta-alan hyödyntäminen

7.2.1 Lukunopeus

Koehenkilöiden lukuajat eri testitilanteissa on esitetty kuvassa 14. Lukunopeuden keskiarvo testeissä oli 175,34 sanaa minuutissa. Kappaleessa 6.2.7 esitellyllä artikkelien vaikutukset eliminoivilla operaatioilla muunnetuissa lukunopeuden mittausrvoissa ei havaittu asetelman vaikuttavan tilastollisesti merkitsevästi lukunopeuteen ($F=1,91$, $p=0,16$). Pitkät rivit -asetelmalla saavutettiin kuitenkin keskimäärin suurin lukunopeuden arvo, 187,34 sanaa minuutissa. Kuvassa 15 on esitetty lukunopeuden keskiarvot eri asetelmilla ja 95% normalisoidut luottamusvälit, joissa henkilöiden välinen varianssi on eliminoitu soveltaen yhtälöä 3 henkilöiden välille.



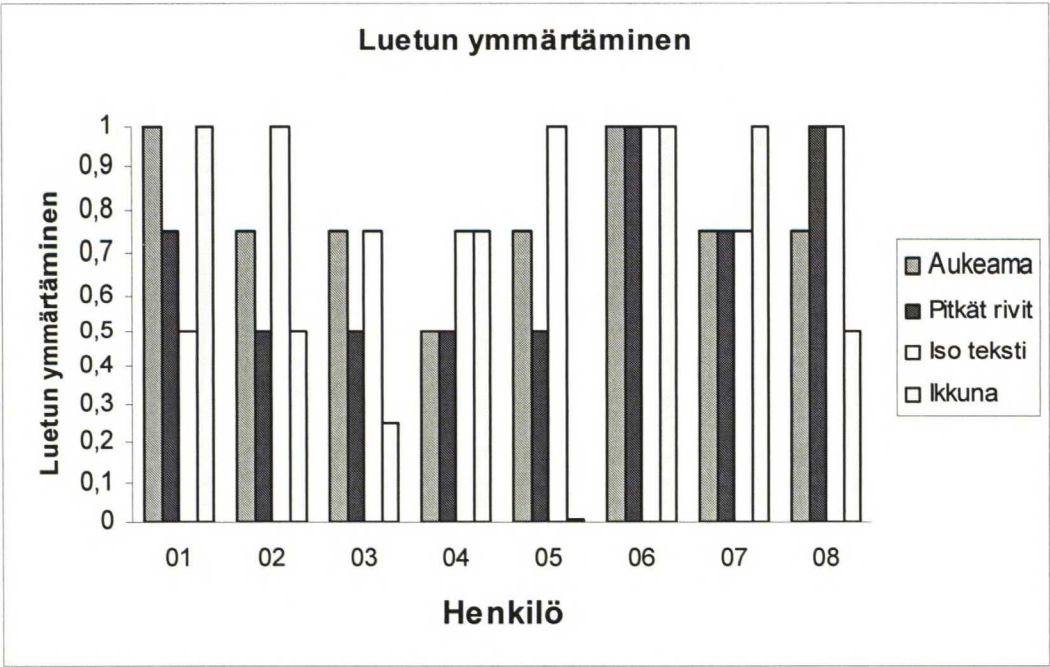
Kuva 14 Koehenkilöiden lukunopeudet eri tekstin asetteluilla näytöllä



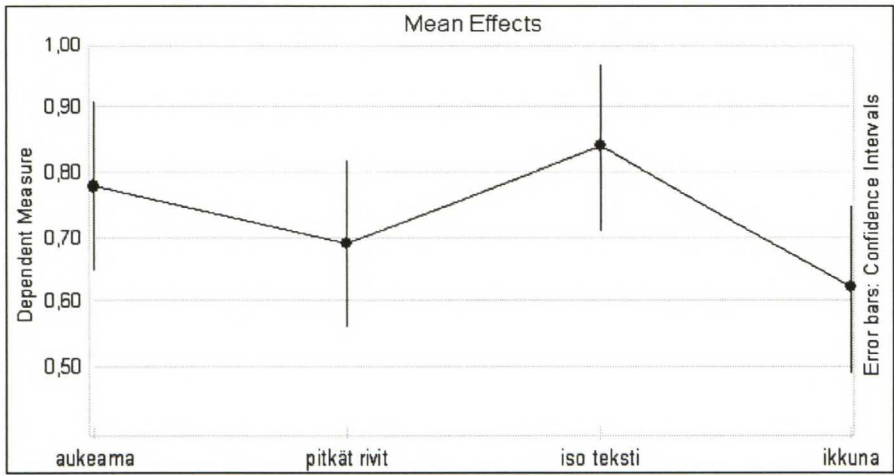
Kuva 15 Lukunopeuden keskiarvot eri tekstin asetteluilla näytöllä sekä 95% normalisoidut luottamusvälit, joista henkilöiden väliset eroavuudet on eliminoitu. Pitkät rivit luettiin nopeiten, mutta asetelma ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi lukunopeuteen. Pystyakselilla on lukunopeus sanoina minuutissa

7.2.2 Luetun ymmärtäminen

Luetun ymmärtämisen taso testiasetelmaa kohden laskettiin oikeiden vastausten osuutena luetunymmärtämiskysymyksistä skaalattuna välille 0-1. Koehenkilöiden luetun ymmärtämisen keskiarvo kaikkien testiasetelmien yli oli 0,73. Testattujen luetun ymmärtämisen tasot on esitetty kuvassa 16. Kuvasta 17 voidaan nähdä, että asetelmalla ”isokokoinen teksti koko ruudulla” monivalintakysymyksiin tuli hieman enemmän oikeita vastauksia kuin muilla asetelmilla. Yhtälön 5 avulla ensin normaalijakautuneiksi muunnettujen, sitten artikkelin vaikutuksista suodatettujen tulosten mukaan asetelma ei kuitenkaan vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi luetun ymmärtämisen tasoon ($F=1,76$, $p=0,19$).



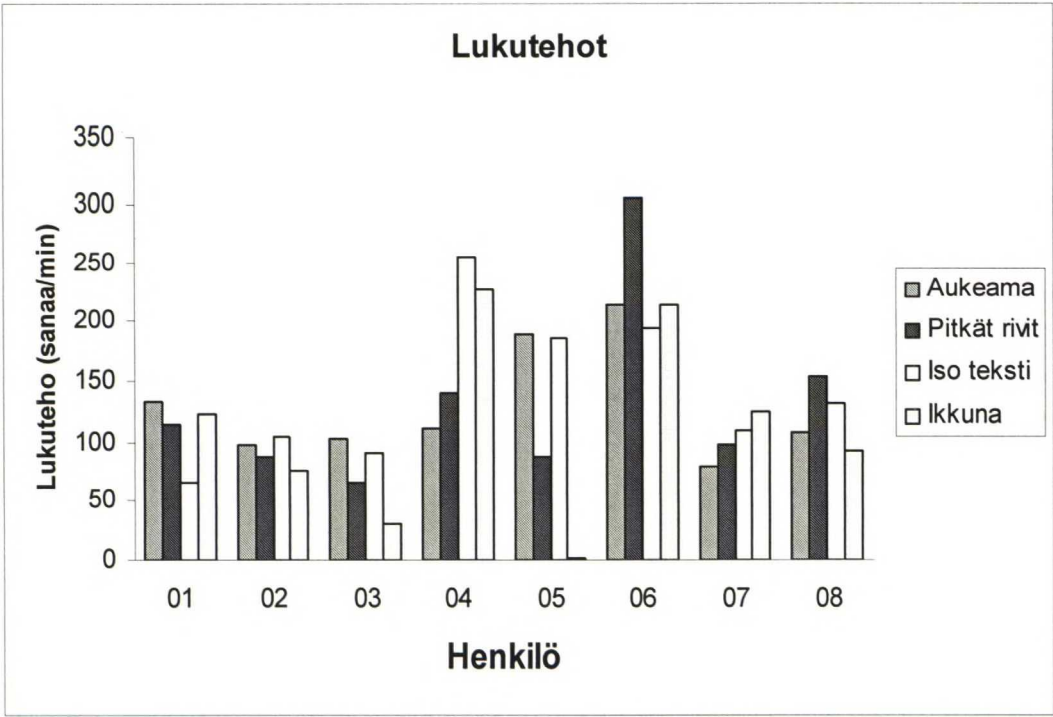
Kuva 16 Koehenkilöiden luetun ymmärtämisen arvot eri tekstin asettelutavoilla näytöllä. Arvot ovat välillä 0-1, jossa 1 vastaa kaikkiin kysymyksiin oikein ja 0 kaikkiin väärin vastaamista



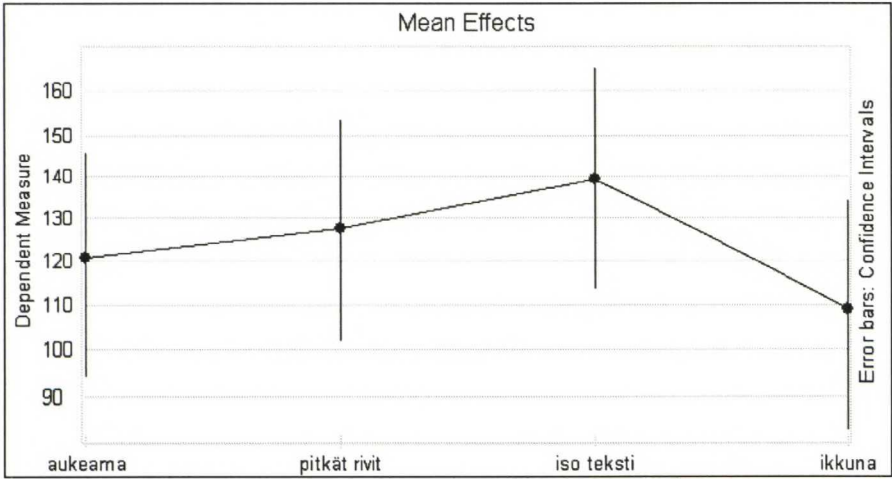
Kuva 17 Luetun ymmärtämisen keskiarvot arcsin-muunnoksen jälkeen eri tekstin asettelulla näytöllä sekä 95% luottamusvälit. Kun teksti oli suurikokoista, vastattiin luetunymmärtämiskysymyksiin parhaiten, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Pystyakselilla on arcsin-muunnetun luetun ymmärtämisen taso

7.2.3 Lukuteho

Kuvassa 18 on esitetty koehenkilöiden lukutehot eri koeasetelmilla. Keskimääräinen lukuteho oli 128,36 sanaa minuutissa. Paras lukuteho saavutettiin isokokoisella tekstillä, mutta asetelma ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi lukutehoon ($F=1,08, p=0,38$). Lukutehojen (joista artikkelin vaikutus oli eliminoitu ja luetun ymmärtäminen muunnettu normaalijakautuneeksi kuten edellä) keskiarvojen eroavuudet asetelmien välillä on nähtävillä kuvassa 19.



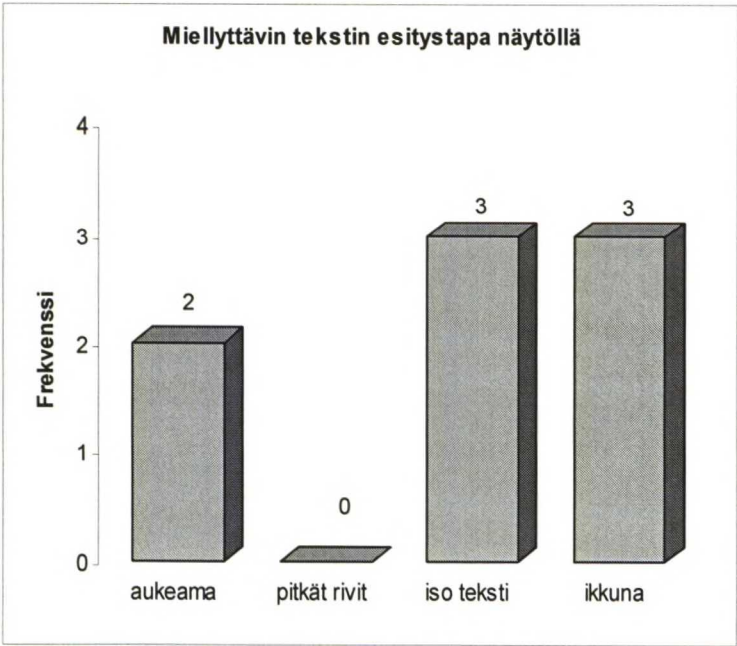
Kuva 18 Koehenkilöiden lukutehot tekstin eri asettelutavoilla näytöllä



Kuva 19 Lukutehon keskiarvot (laskentaan käytetty artikkelien vaikutuksista suodatettuja lukunopeuden ja arcsin-muunnetun luetun ymmärtämisen havaintoja). Isokokoisen tekstin tapauksessa saatiin suurin ja ikkunan tapauksessa pienin lukutehon keskiarvo, mutta asetelman vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitseviä. Pystyakselilla on lukuteho sanoina minuutissa

7.2.4 Tekstiasetelman miellyttävyys

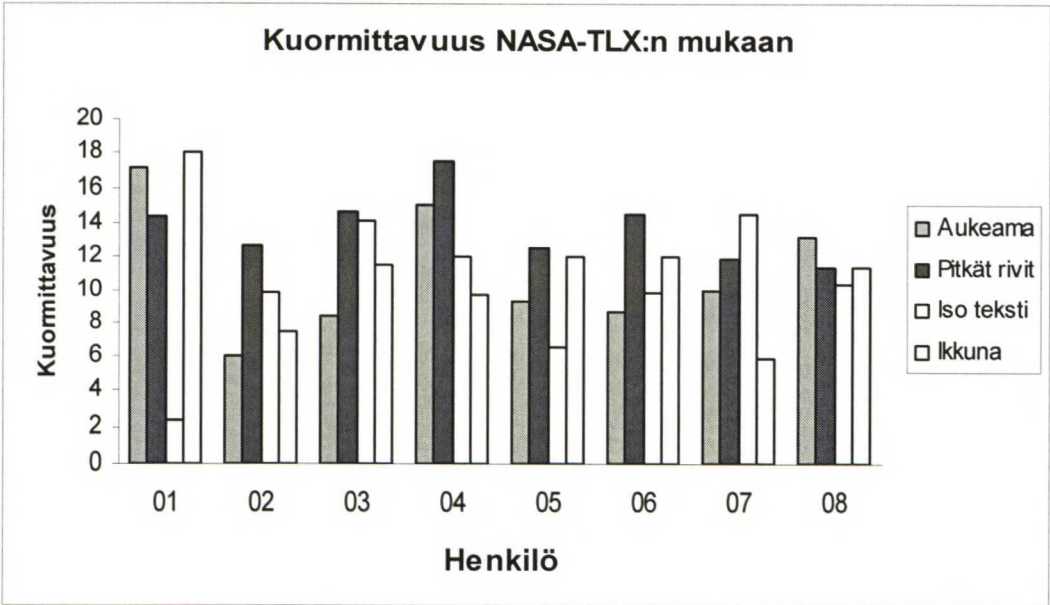
Tekstiasetelman miellyttävyysarvioinnin tulokset on esitetty kuvassa 20. Miellyttävyysmoodeja olivat ikkuna (tapaus D) ja iso teksti (tapaus C), jotka kumpikin valittiin miellyttävimmäksi tekstin esitystavaksi kolme kertaa. Pitkät rivit (tapaus B) oli ainoa asetelma, joka ei saanut lainkaan kannatusta. χ^2 -testin mukaan miellyttävydessä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja asetelmien välillä ($F= 3,00, p=0,39, df=3$).



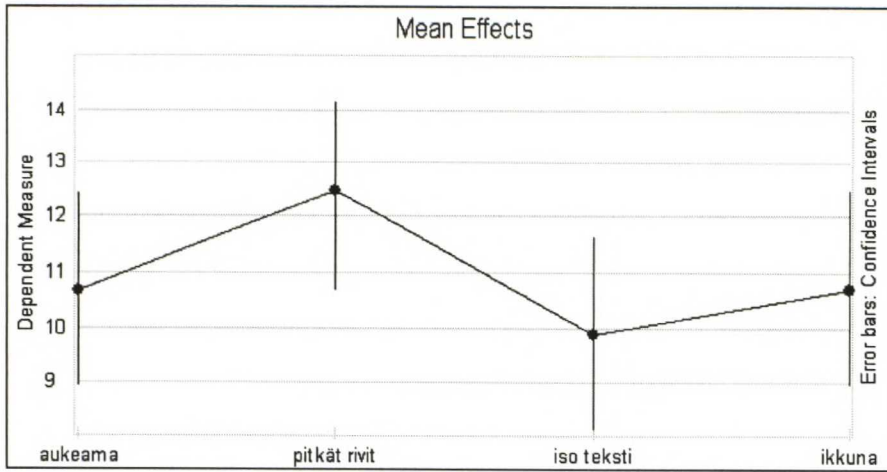
Kuva 20 Miellyttävimmän tekstin esitystavan frekvenssit

7.2.5 Subjektiiivinen kuormittavuus

Kaikissa Task Load Indexin asteikoissa suurempi arvo tarkoittaa korkeampaa kuormittavuutta tai vaivannäköä. Suorituskyvyssä suurempi arvo tarkoittaa huonompaa suoritusta. Koehenkilöiden kuormittavuusarviot kaikille tekstiasetelmille on esitetty kuvassa 21. Kaikkien koehenkilöiden TLX-keskiarvo kaikkien tekstiasetelmien yli oli 11,17. Kuvassa 22 on nähtävillä kuormittavuusarviointien arcsin-muunnetut keskiarvot. TLX-tuloksissa ANOVAn sferisyys-oletus ei toteutunut, joten tilastollisen merkitsevyyden laskentaan käytettiin Huynh-Feldt –korjausta. Pitkät rivit koettiin kuormittavimmaksi asetelmaksi, iso teksti taas vähiten kuormittavaksi. Asetelma ei kuitenkaan vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi tuloksiin ($F=1,65, p=0,23$).



Kuva 21 Koehenkilöiden subjektiiviset kuormittavuusarviot eri tekstin asetteluille näytöllä NASA Task Load Indexin mukaan

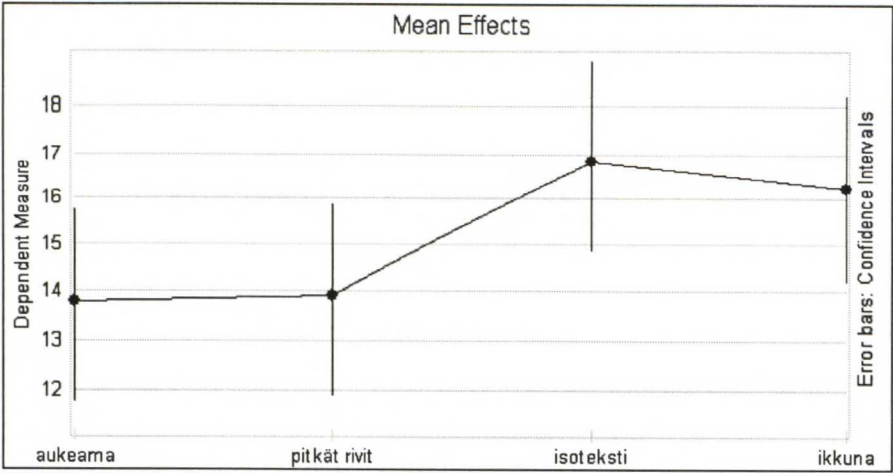


Kuva 22 Tekstin asettelun kuormittavuuden subjektiivisten arvioiden Task Load Index – keskiarvot eri tekstin asetelmilla arcsin-muunnoksen jälkeen. Pystyakselilla on kuormittavuusarvo (asteikko 0-20). Pitkät rivit koettiin kuormittavimmaksi ja iso teksti vähiten kuormittavimmaksi asetelmaksi, mutta asetelman vaikutus TLX:iin ei ollut tilastollisesti merkitsevä

7.2.6 Silmien räpäytykset

Silmäräpäytyksistä analysoitiin vain kuuden koehenkilön räpäytykset. Erään koehenkilön kahden ensimmäisen koetilanteen räpäytykset jäivät tallentumatta teknisten ongelmien vuoksi. Toisen analyysistä pois jätetyn koehenkilön räpäytykset olivat niin lyhytkestoisia, että niiden havaitseminen videolta oli mahdotonta. Analyysiä varten laskettiin, kuinka monta räpäystä koehenkilö teki testitilanteen kolmen ensimmäisen minuutin aikana. Näistä laskettiin räpytysten määrä minuuttia kohden.

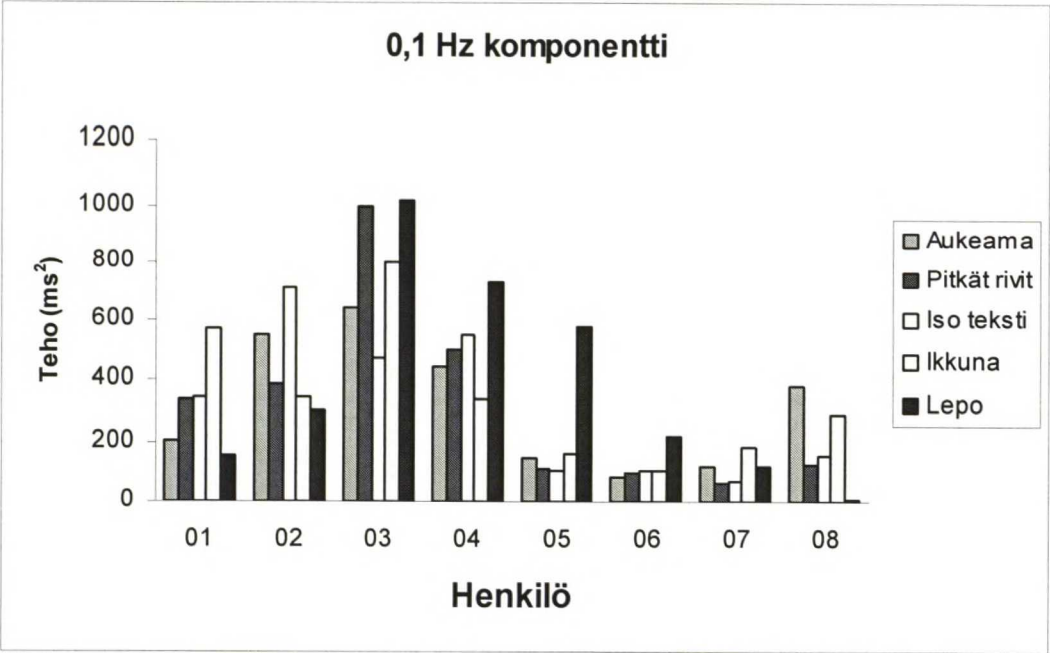
Kaikkien analysoitujen koehenkilöiden räpytystiheyden keskiarvo kaikkien tekstiasetelmien yli oli 15,18 räpäystä minuutissa. Aukeaman ja pitkien rivien tapauksissa räpytystiheys oli pienempi (13,56 ja 14,11 räpäystä/min) kuin ikkunan ja ison tekstin tapauksissa, joista jälkimmäisessä räpytystiheys oli suurin (17,06 räpäystä/min). Artikkelin vaikutuksen eliminoimisen jälkeen analysoitujen, sferisyysoletuksen paikkansapitämättömyyden vuoksi Huynh-Feldt-korjattujen räpäyksien suhteen tekstin asettelu näytöllä ei kuitenkaan 0,05:n riskitasolla vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi ($F=2,83, p=0,11$). Kuvassa 23 on nähtävillä silmääräpytystiheyden keskiarvot eri asetelmilla.



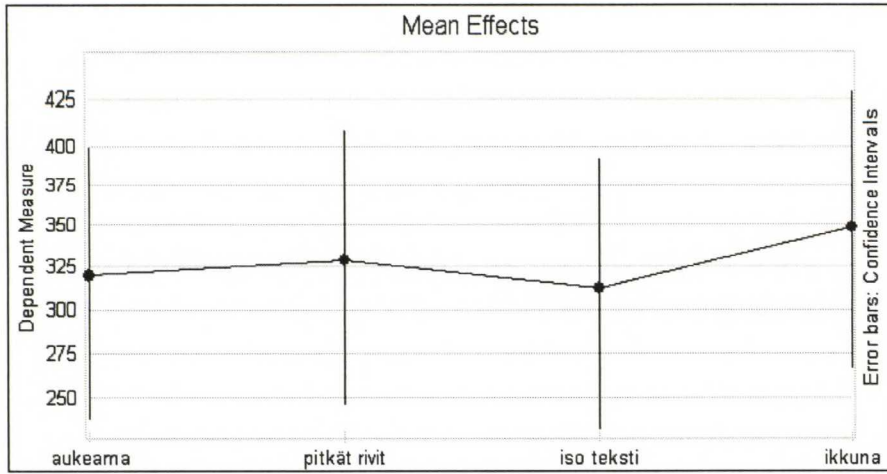
Kuva 23 Artikkelin vaikutuksista suodatetun räpytystiheyden keskiarvot eri tekstin asettelutavoilla näytöllä. Pystyakselilla on räpytystiheys räpäytyksinä minuutissa. Tekstin esitystapa näytöllä ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi räpytystiheyteen, vaikka isomman tekstin ja ikkunan kohdalla räpytystiheys olikin hieman suurempi kuin aukeaman ja pitkien rivien tapauksessa

7.2.7 Sydämen sykevaihtelu

Koehenkilöiden sydämen sykkeen tehospektrin 0,1 Hz:n kaistan tehomäärät eri testitilanteissa on nähtävillä kuvassa 24. Kuvaan on myös merkitty koehenkilöiden sykevaihtelun lepolukemat. Kaikkien asetelmien yli mitattu henkilöiden sykevaihtelun 0,1 Hz:n kaistan tehon keskiarvo oli 327,16 ms², leposykevälien tehon keskiarvo oli 389,00 ms². Keskiarvoltaan suurin tehopiikki oli asetelmalla ”ikkuna” (348,50 ms²) ja pienin tehopiikki asetelmalla ”iso teksti”, mutta asetelmalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta tehoon ($F=0,16, p=0,92$). Asetelmien tehojen keskiarvot on esitetty kuvassa 25.

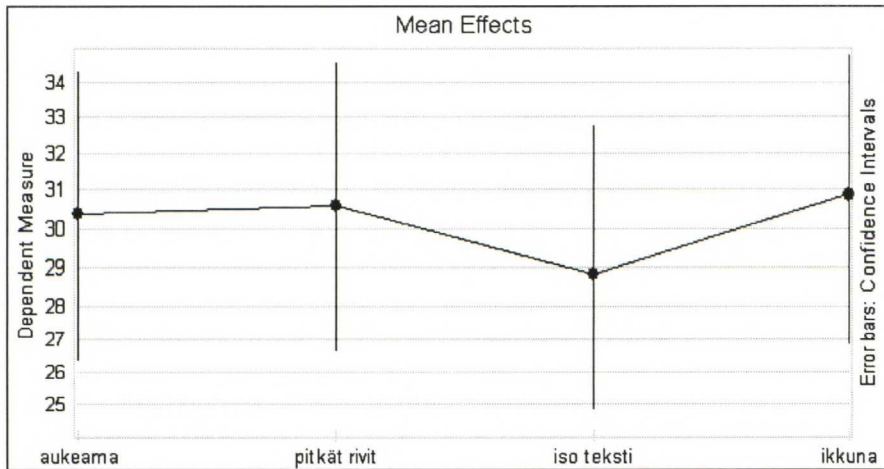


Kuva 24 Koehenkilöiden sydämen sykkeen taajuustason 0,1 Hz:n komponentin tehot eri tekstin asetelmissa sekä levossa (näytön taustakuvan katselun aikana)



Kuva 25 Sykkeen taajuustarkastelun 0,1 Hz:n kaistan tehon keskiarvot eri tekstin asetelmilla. Pystyakselilla on teho yksikkönään ms^2 . Asetelma ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi sykevaihtelun tehoon

Sykevaihtelujen analysointiohjelma antoi myös tiedon siitä, kuinka monta prosenttia näytteen peräkkäisistä sykeväleistä erosi toisistaan vähintään 50 ms. Tämän aikataason sykevälien vaihtelusta kertovan mitan arvot koehenkilöillä eri tekstin asetelmuilla näytöllä on esitetty kuvassa 26. Kaikkien eri asetelmien prosentuaalisen osuuden keskiarvo oli 22,06, levossa keskiarvo oli 28,76. Asetelma ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi arcsin-muunnettuihin prosenttimääriin ($F=0,23$, $p=0,88$). Kuvassa 27 on esitetty prosenttimäärien keskiarvot eri asetelmilla luottamusväleineen.



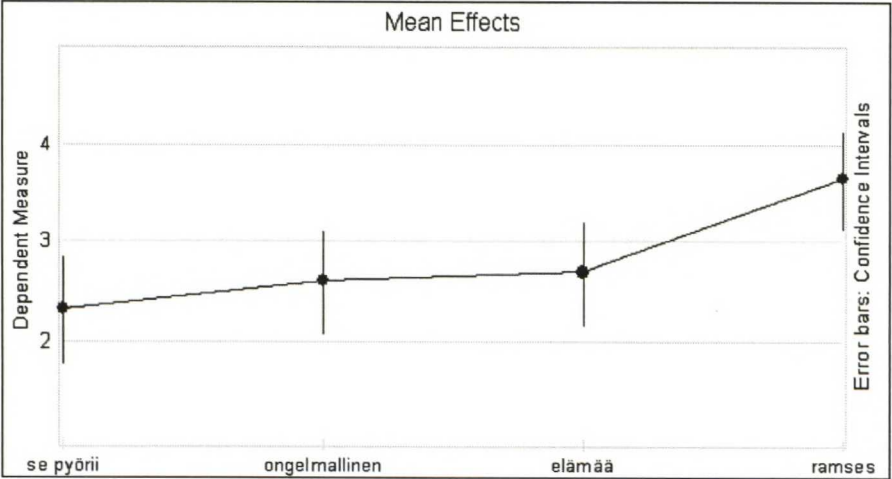
Kuva 26 Niiden peräkkäisten sykevälien, jotka eroavat enemmän kuin 50 ms toisistaan, prosentuaalisten osuuksien keskiarvot kaikista sykeväleistä eri tekstin esitystavoilla näytöllä. Asetelman vaikutus prosenttimääriin ei ollut tilastollisesti merkitsevä

7.2.8 Artikkelien sisällöllinen hankalalukaisuus

Koska testeissä yksi koehenkilö osallistui kaikkiin neljään erilaiseen testiasetelmaan (yksi koehenkilö kuuteen), piti jokaisessa asetelmassa olla eri lukumateriaali. Testien lopuksi koehenkilöt arvioivat viisiportaisilla asteikoilla kaikkien lukemiensa artikkelien sisällön hankalalukaisuuden.

Arvioidut artikkelien sisällölliset hankalalukaisuuskeskiarvot on esitetty kuvassa 27. Kaikkien artikkelien hankalalukaisuuskeskiarvo oli 2,88. Arcsin-muunnut

artikkelien hankalalukuisuudet erosivat tilastollisesti merkitsevästi ($F=5,24, p=0,007$). Jatkoanalyysin mukaan artikkelien ”Se pyörii sittenkin – suomalaisia keksijäoriginelleja” ja ”Ramses ja pojat Kuninkaiden laaksossa” välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero ($t=4,19, p=0,004$) jälkimmäisen artikkelin ollessa hankalalukuisempi kuin ensin mainittu.



Kuva 27 Testeissä käytettyjen artikkelien sisällön hankalalukuisuuden arcsin-muunnoksen keskiarvot. Artikkelit ”Se pyörii sittenkin – suomalaisia keksijäoriginelleja” ja ”Ramses ja pojat Kuninkaiden laaksossa” erosivat toisistaan tilastollisesti merkittävästi analysoitaessa parittaisilla t-testeillä käyttäen bonferronin korjausta

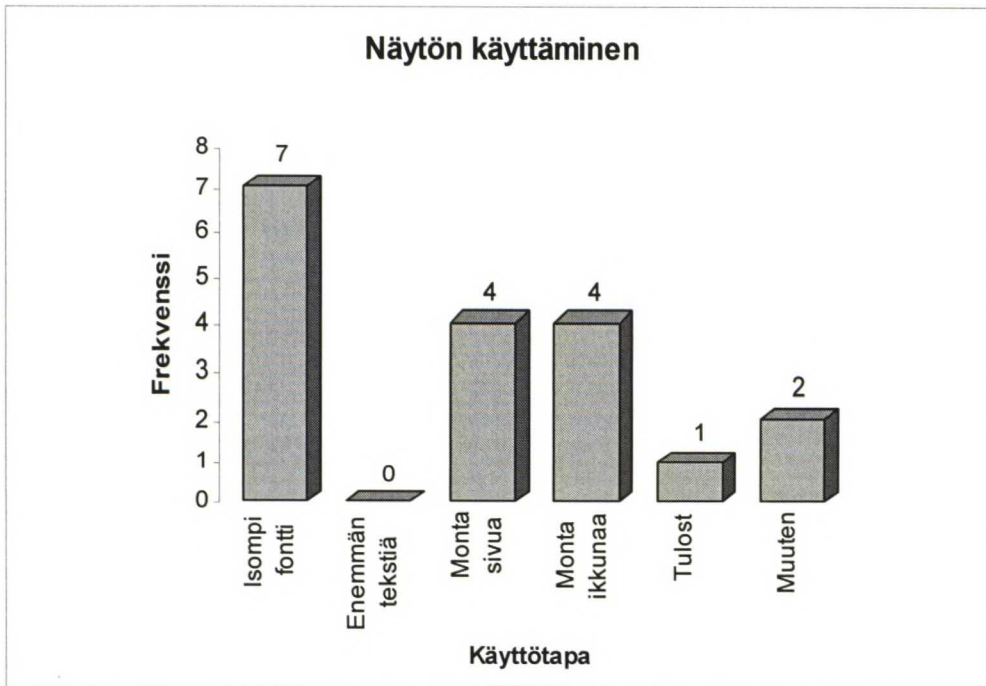
7.2.9 Arviot

Testien lopuksi koehenkilöt arvioivat testin aikaisten keskimääräisten lukuväsymyksen oireiden esiintymistä. Viisiportaisella asteikolla (1 = ei tuntenut lainkaan oiretta, 5 = tunsin paljon oiretta) suoritettujen arviointien keskiarvot on esitetty kuvassa 28. Eniten esiintyi silmien räsytystä ja väsymystä (molempien keskiarvo 2,75), pahoinvointia ei tuntenut kukaan testatuista. Arviointilomakkeessa mainittujen oireiden lisäksi yksi koehenkilö ilmoitti kohdassa ”joku muu oire” ”*keskittyneisyyden katoaminen välillä*”, jonka suuruudeksi hän arvioi arvon 2.



Kuva 28 Lukuväsymysoireiden keskiarvot ensimmäisen osan koehenkilöillä testien aikana keskimäärin

Ensimmäisen osan koehenkilöiltä kysyttiin myös kuinka he voisivat kuvitella käyttävänsä jatkuvassa käytössä kokeissa käytettyä näyttöä. Annetuista vaihtoehtoista he saivat valita useampia tai kuvailla itse jonkun muun käyttötavan. Eniten koehenkilöt suosivat koko ruudun käyttöä suurikokoisilla kirjasimilla. Vaihtoehtojen frekvenssit on esitetty kuvassa 29. Kaksi koehenkilöä valitsi myös muun kuin lomakkeessa mainitun tavan. Nämä koehenkilöt kuvailivat muun käyttötapansa seuraavasti: ”Saattaisin silmäillä ja selata tekstiä näytöltä, mielellään ”koko ruutu, iso kirjainkoko” –tyylisesti, mutta jos teksti osoittautuisi hyväksi, tod. näk. tulostaisin sen” ja ”Hiirellä avustaisin tiheiden tekstin kohtien rivien eroittamista”.

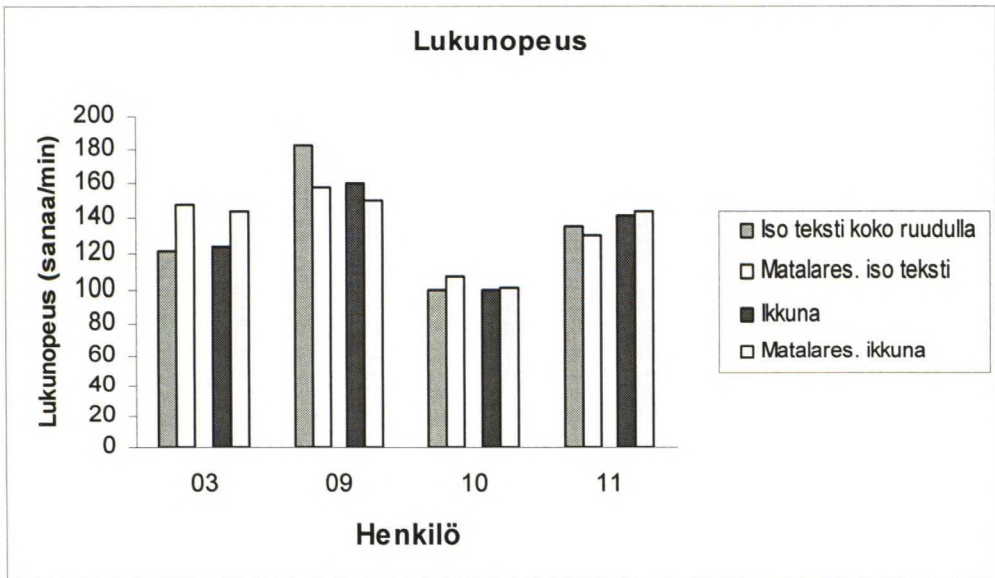


Kuva 29 Kuinka koehenkilöt käyttäisivät testinäyttöä jatkuvassa käytössä. Koehenkilöt saivat valita useampia vaihtoehtoja. Kategorioiden selitykset: "Isompi fontti" = tekstiä yhtä paljon näkyvillä kuin pienemmälläkin näytöllä mutta kirjasinkoko suurempi, "enemmän tekstiä" = tekstiä enemmän näkyvissä kuin pienemmällä näytöllä esimerkiksi pidempinä riveinä, "monta sivua" = monta sivua tekstiä samaan aikaan näkyvillä ruudussa esimerkiksi aukeaman tapaan, "monta ikkunaa" = teksti näkyvissä osassa ruutua ja muita ohjelmaikkunoita tms. muissa osissa ruutua, "tulost" = ei missään tapauksessa näytöltä lukua vaan tekstin tulostus paperille

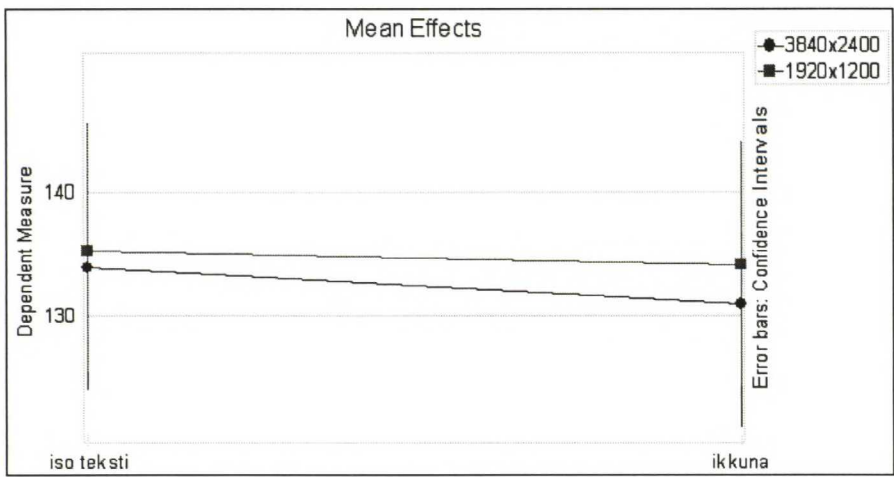
7.3 Resoluution vaikutus

7.3.1 Lukunopeus

Koehenkilöiden lukunopeudet eri koetilanteissa on esitetty kuvassa 30. Keskimääräinen henkilöiden lukunopeus kokeissa oli 133,53 sanaa minuutissa. Kaksisuuntainen toistettujen mittausten ANOVA ei osoittanut tilastollisesti merkitseviä vaikutuksia resoluutiosta ($F=0,20$, $p=0,69$) tai tekstin esitystavasta näytöllä ($F=0,23$, $p=0,66$) johtuen. Resoluutiolla ja esitystavalla ei myöskään havaittu tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta ($F=0,13$, $p=0,74$). Lukunopeuksien keskiarvot ja luottamusvälit on esitetty kuvassa 31. Vaikka vaikutukset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, molemmilla resoluutioilla iso teksti luettiin hieman suuremmalla lukunopeudella kuin ikkunassa esitetty teksti. Molemmissa tekstin esitystavoina alemmalla resoluutiolla saavutettiin hieman suurempi lukunopeus kuin korkeammalla resoluutiolla.



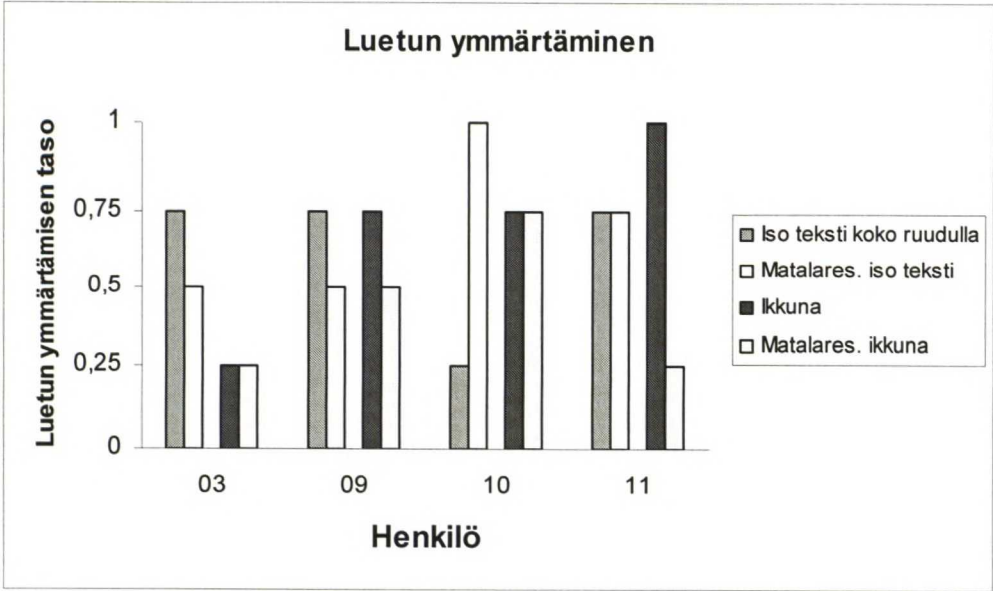
Kuva 30 Koehenkilöiden lukunopeudet eri asetelmissa ja resoluutioilla



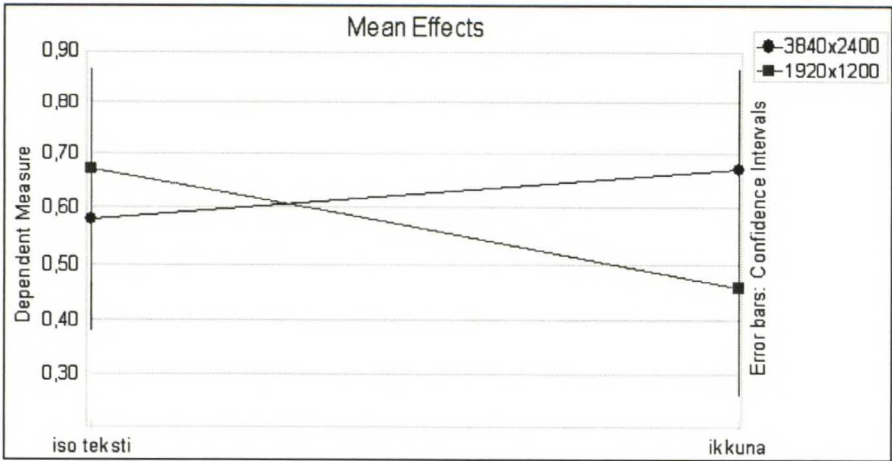
Kuva 31 Lukunopeuden keskiarvot luottamusväleineen iso teksti- ja ikkuna-asetelmissa sekä korkealla että matalammalla resoluutiolla. Pystyakselilla on lukunopeus sanoina minuutissa, vaak-akselilla tekstin asettelu näytöllä. Neliöllä merkityt pisteet vastaavat matalammalla resoluutiolla saatuja mittaustulosten keskiarvoja, pallolla merkityt pisteet korkeammalla resoluutiolla saatuja. Asetelmalla tai resoluutiolla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta lukunopeuteen

7.3.2 Luetun ymmärtäminen

Testattujen luetun ymmärtämisen tasot kaikissa koetilanteissa on esitetty kuvassa 32. Luetun ymmärtämisen keskiarvo oli 0,61. Resoluutiolla tai tekstin esitystavalla näytöllä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta luetun ymmärtämiseen ($F=0,47$ ja $p=0,54$ resoluutiolle, $F=1,50$ ja $p=0,31$ tekstin esitystavalle näytöllä). Näillä ei myöskään ollut tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta ($F=1,79$, $p=0,27$). Luetun ymmärtämisen arcsin-muunnatut keskiarvot eri asetelmilla ja resoluutioilla on esitetty kuvassa 33.



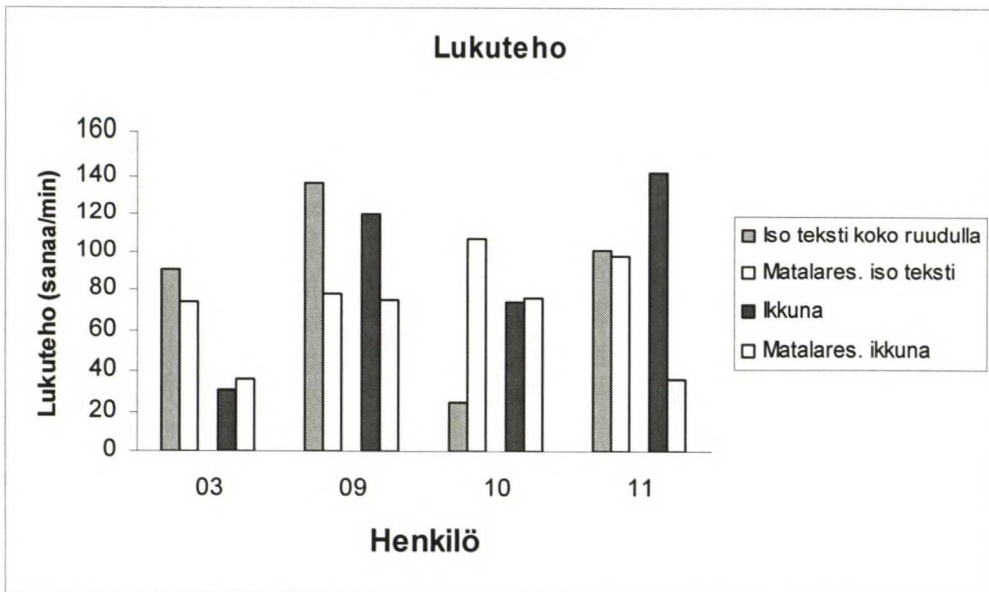
Kuva 32 Koehenkilöiden luetun ymmärtämisen tasot eri asetelmilla ja resoluutioilla



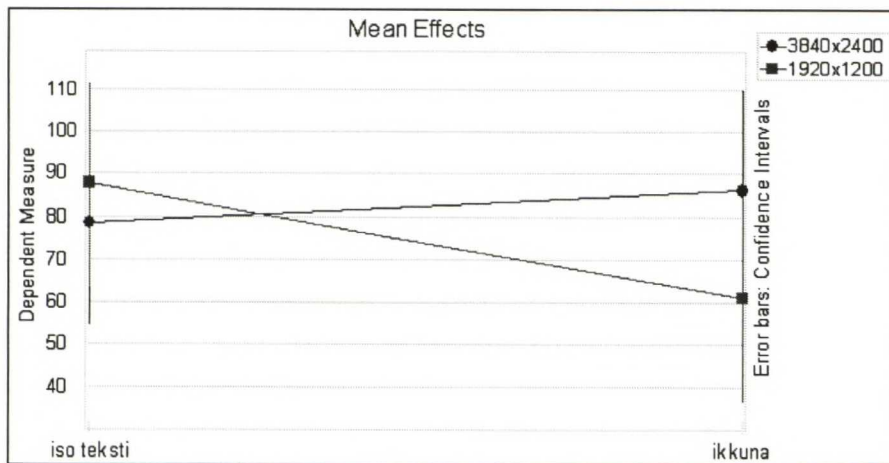
Kuva 33 Arcsin-muunnetut luetun ymmärtämisen tasot iso teksti- ja ikkuna-asetelmilla sekä korkealla että matalammalla resoluutiolla. Pystyakselilla on luetun ymmärtäminen (asteikolla 0-1). Asetelmalla tai resoluutiolla ei ollut tilastollisesti merkitseviä vaikutuksia arcsin-muunnettuun luetun ymmärtämiseen

7.3.3 Lukuteho

Koehenkilöiden lukutehot eri resoluutioilla ja tekstin esitystavoilla näytöllä on esitetty kuvassa 34. Keskimääräinen koehenkilöiden lukuteho oli 81,05 sanaa/min. Resoluutiolla tai tekstin asettelulla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta lukutehoon ($F=0,67$ ja $p=0,47$ resoluutiolle, $F=1,83$ ja $p=0,27$ tekstin asettelulle näytöllä) eivätkä ne myöskään muodostaneet tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta ($F=1,55$, $p=0,30$). Lukutehon keskiarvot, kun lukuteho laskettiin edellä esitetyistä suodatetuista lukunopeudesta ja luetun ymmärtämisestä, on esitetty kuvassa 35.



Kuva 34 Koehenkilöiden lukutehot eri asetelmissa ja resoluutioilla

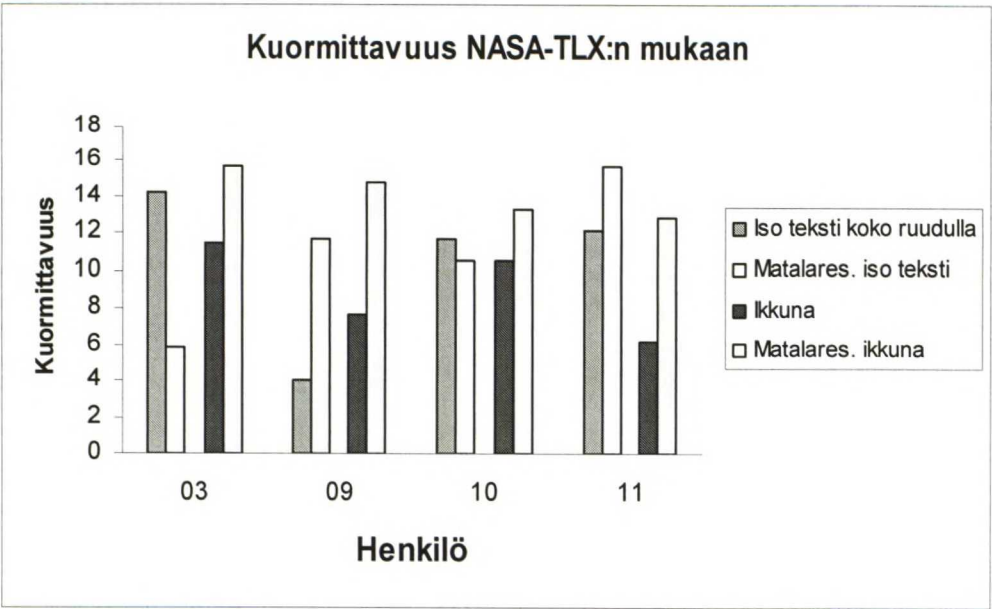


Kuva 35 Artikkelin vaikutuksista suodatetuista lukunopeuksista ja arcsin-muunnetuista luetun ymmärtämisistä lasketut lukutehojen keskiarvot ison tekstin ja ikkunan tapauksissa korkealla ja matalammalla resoluutiolla. Pystyakselilla on lukuteho sanoina minuutissa. Asetelmalla tai resoluutiolla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta lukutehoon

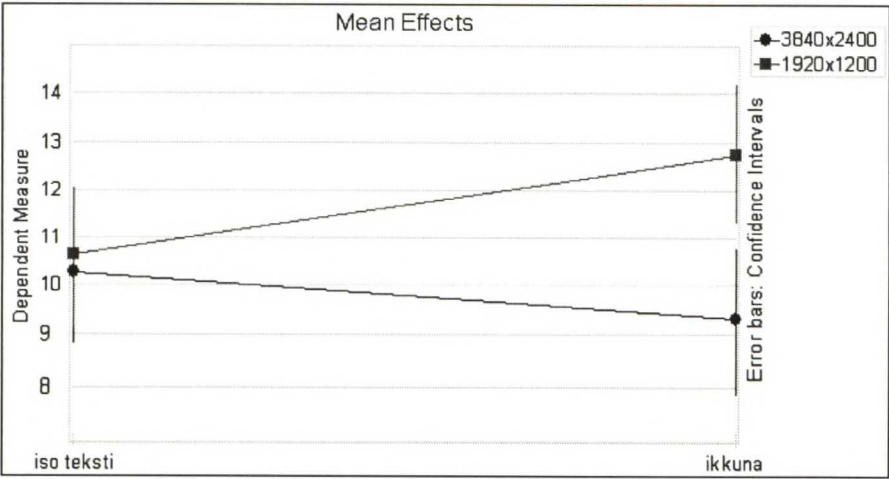
7.3.4 Subjektiiivinen kuormittavuus

Koehenkilöiden Task Load Index-arvot eri resoluutioilla ja tekstin esitystavoilla on esitetty kuvassa 36. TLX:n keskiarvo kaikkien testitilanteiden ylitse oli 11,14. Resoluution vaikutus arcsin-muunnettuihin TLX:n arvoihin oli tilastollisesti merkitsevä ($F=10,71$, $p=0,05$). TLX:n keskiarvo korkeammalla resoluutiolla oli 9,73 ja matalammalla resoluutiolla 12,54. Arcsin-muunnetun asetelman vaikutus tai asetelman ja resoluution yhteisvaikutus eivät olleet tilastollisesti merkitseviä ($F=1,01$ ja $p=0,39$ asetelmalle, $F=4,51$ ja $p=0,12$ yhteisvaikutukselle). Parittaisilla t-testeillä suoritetuissa vertailuissa korkea- ja matalaresoluutioisen ikkunan esitetyn tekstin välillä TLX erosi tilastollisesti merkitsevästi ($t=4,68$, $p=0,02$). Arcsin-muunnetut TLX:n keskiarvot eri asetelmissa ja

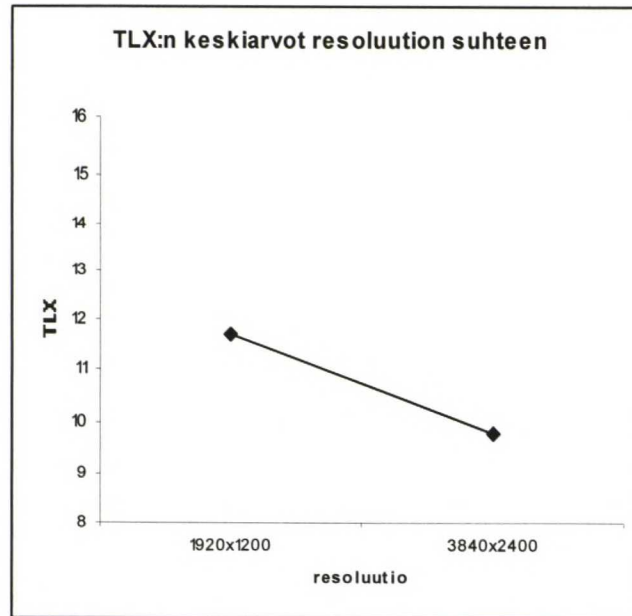
resoluutioilla on nähtävillä kuvassa 37, kuvaan 38 taas on merkitty TLX:n keskiarvot asetelmien yli eri resoluutioilla.



Kuva 36 Koehenkilöiden NASA-TLX-arvot eri koeasetelmien kuormittavuudelle



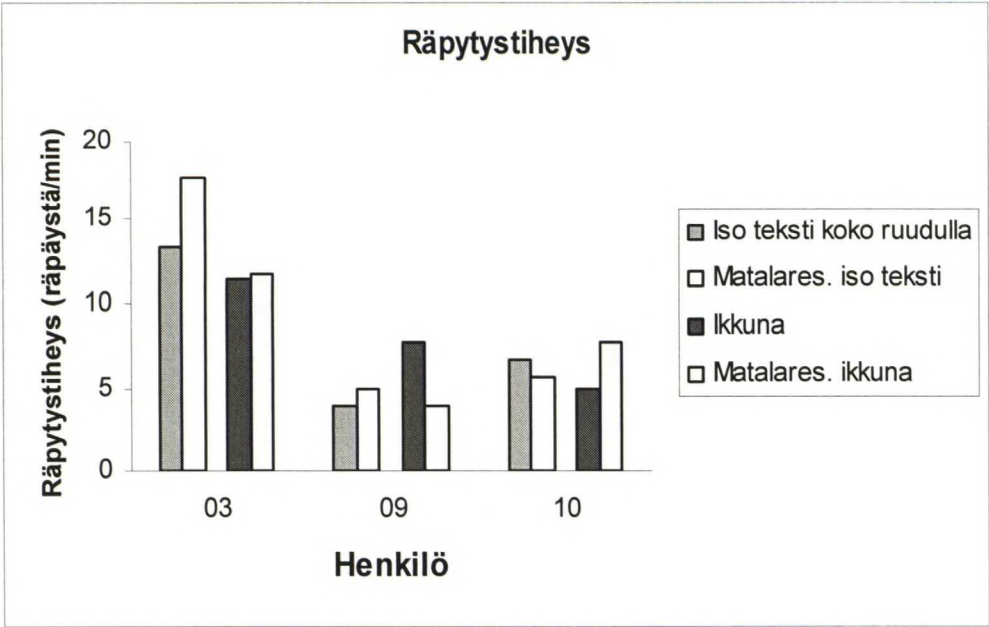
Kuva 37 Arcsin-muunnetun Task Load Indexin keskiarvot eri asetelmissa ja resoluutioilla



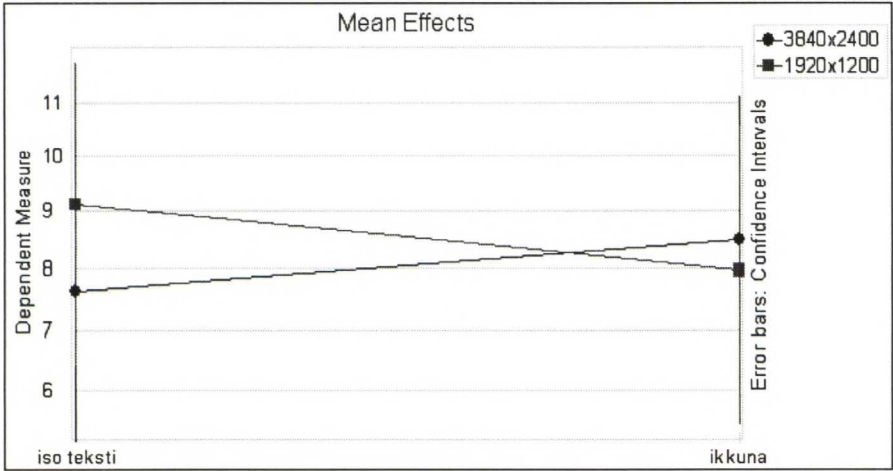
Kuva 38 Artikkelin vaikutuksista suodatettujen TLX:ien keskiarvot räpäyksinä minuuttia kohden resoluution suhteen. Resoluutiolla oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus Task Load Indexiin

7.3.5 Silmien räpäytykset

Silmien räpäytyksistä analysoitiin vain kolmen koehenkilön räpäytykset, koska neljännen koehenkilön ensimmäisen osatestin räpäykset jäivät teknisten ongelmien vuoksi tallentumatta. Kolmen analysoidun koehenkilön räpäytykset ovat esitetty kuvassa 39. Räpytystiheyden keskiarvo kaikkien testiasetelmien ylitse oli 8,11 räpäystä/min. Asetelma, resoluutio tai niiden yhteisvaikutus eivät vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi räpytystiheyteen ($F=0,27$ ja $p=0,65$ resoluutiolle, $F=0,02$ ja $p=0,90$ asetelmalle ja $F=0,66$ ja $p=0,50$ yhdysvaikutukselle). Kuvassa 40 on näkyvillä räpytystiheyden keskiarvot eri asetelmilla ja resoluutioilla.



Kuva 39 Koehenkilöiden räpytystiheydet eri testitilanteissa. Neljännen koehenkilön räpäyksiä ei otettu mukaan analyysiin, koska yksi mittausarvo puuttui kokeen aikana esiintyneiden teknisten ongelmien vuoksi

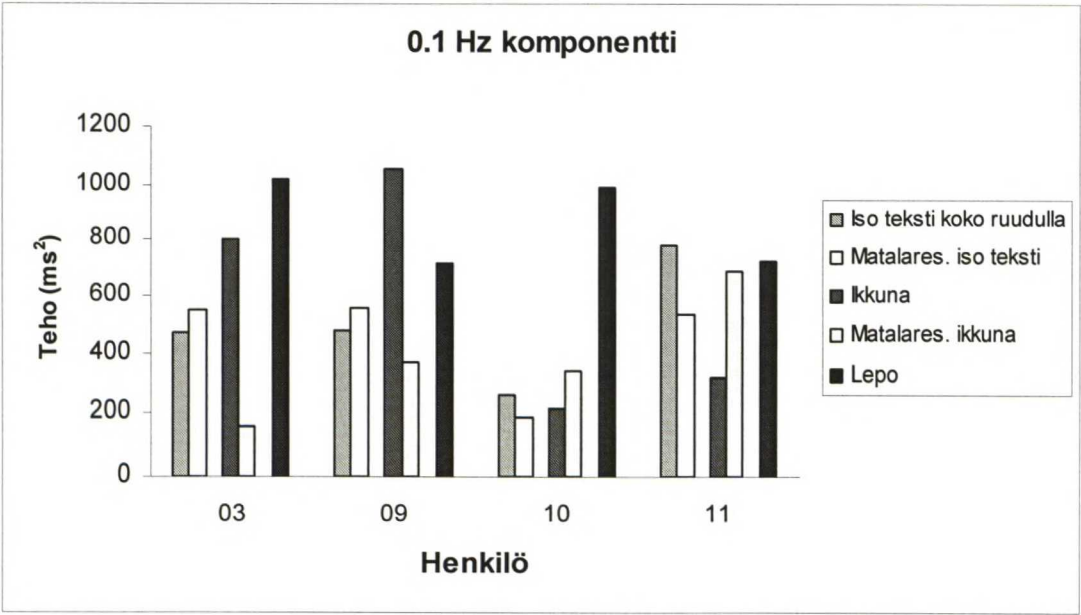


Kuva 40 Artikkelin vaikutuksista suodattujen räpytystiheyden keskiarvot eri tekstin asetteluilla ja näytön resoluutioilla. Pystyakselilla on räpytystiheys räpäyksinä minuutissa. Tekstin asettelulla ja resoluutiolla eikä niiden yhdysvaikutuksella ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta räpytystiheyteen

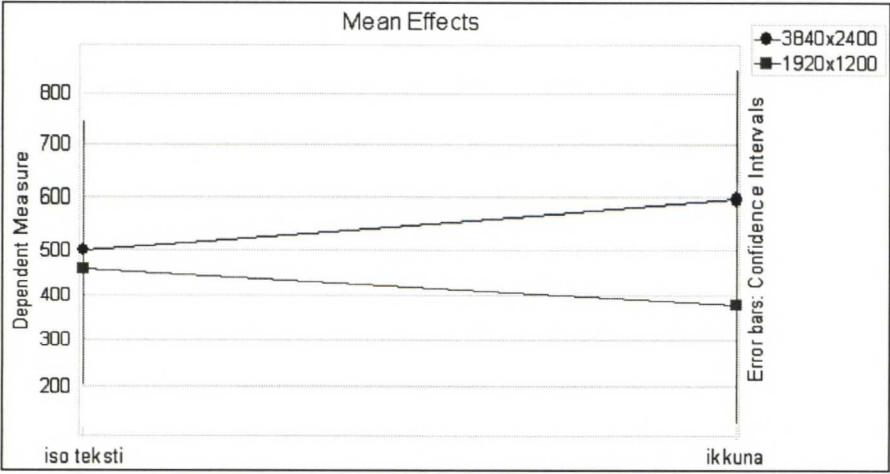
7.3.6 Sydämen sykevaihtelu

Kuvassa 41 on esitetty koehenkilöiden sydämen sykevaihtelun taajuustarkastelun keskimmäisen kaistan tehoarvot kaikissa testitilanteissa sekä levossa. Keskiarvo 0,1 Hz:n teholla oli 485,88 ms², levossa tehon keskiarvo oli 861,75 ms². Resoluution vaikutus sykevaihtelun HF-kaistan tehoon oli tilastollisesti suuntaa-antava ($F=6,10$, $p=0,09$). Tekstin asettelun näytöllä sekä resoluution ja asettelun yhdysvaikutuksen vaikutukset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä ($F=0,01$ ja $p=0,91$ tekstin esitystavalle, $F=0,30$ ja $p=0,62$

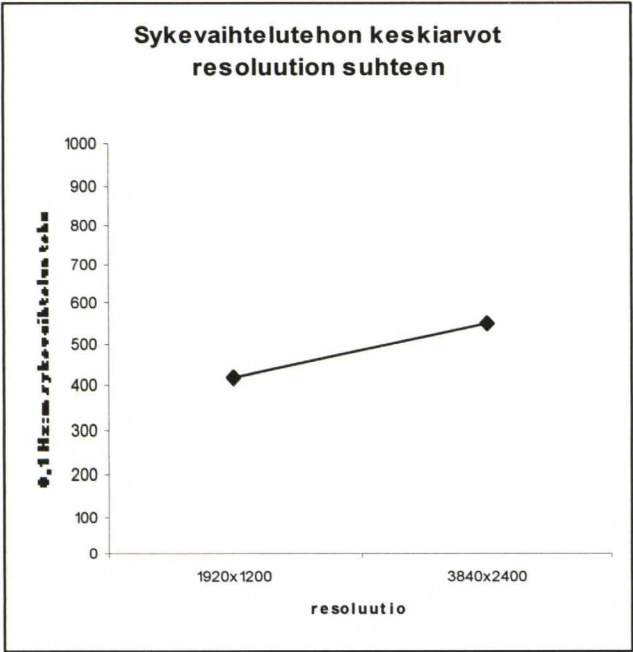
yhdysvaikutukselle). Kaikkien eri asetelmien ja resoluutioiden tehojen keskiarvot on esitetty kuvassa 42, kuvassa 43 taas on nähtävissä tehon keskiarvot resoluution suhteen.



Kuva 41 Koehenkilöiden sykevaihtelun 0,1 Hz:n kaistan tehot kaikilla testiasetelmilla sekä levossa

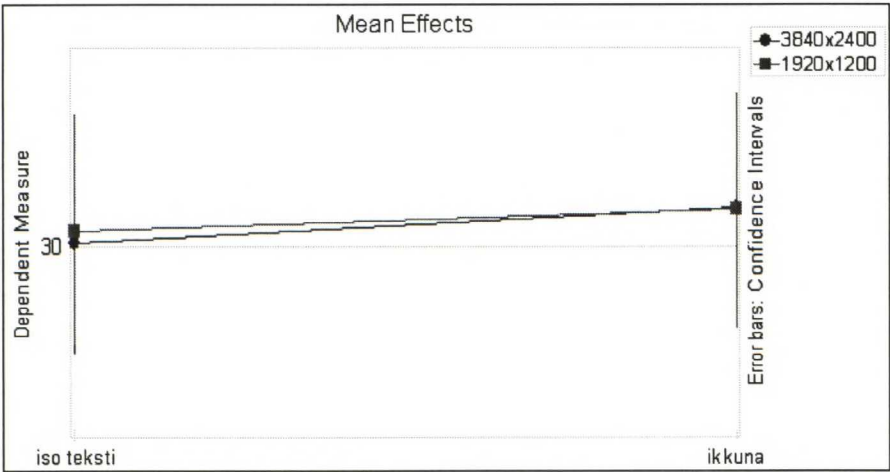


Kuva 42 Sykevaihtelun 0,1 Hz:n kaistan tehon keskiarvot eri asetelmilla ja resoluutioilla



Kuva 43 Artikkelin vaikutuksista suodatetun sykevaihtelutehon keskiarvot resoluution suhteen. Resoluution vaikutus sykevaihtelukaistan tehoon oli tilastollisesti suuntaa-antava

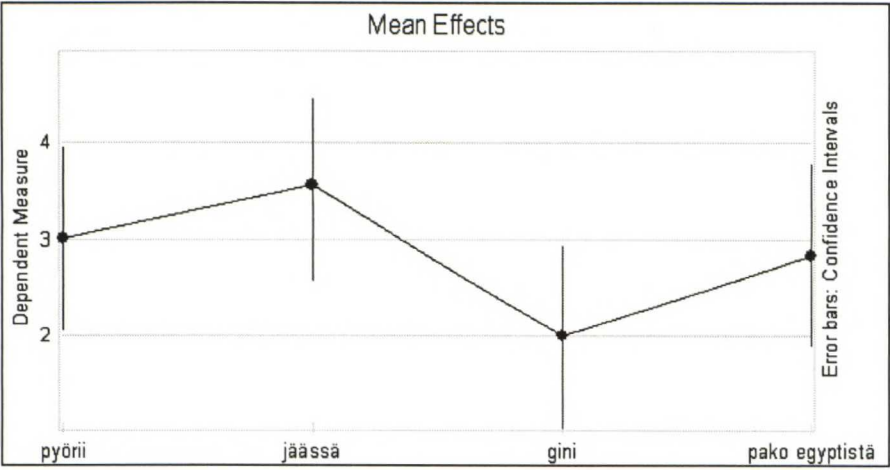
Kuvassa 44 on esitetty koehenkilöiden niiden peräkkäisten sykevälien, joiden ero oli vähintään 50 ms, prosentuaalinen osuus koko sykevälien lukumäärästä. Prosentuaalisen osuuden keskiarvo kaikkien koeasetelmien ylitse oli 22,67, levossa keskiarvo oli 31,18. Resoluutio, asetelma tai näiden yhteisvaikutus ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi vähintään 50 ms eroavien peräkkäisten sykevälien prosentuaaliseen määrään ($F=0,04$ ja $p=0,86$ resoluutiolle, $F=1,75$ ja $p=0,28$ tekstiasetelmalle, $F=0,01$ ja $p=0,94$ näiden yhdysvaikutukselle). Vaikka vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä, ison tekstin tapauksissa sykevaihtelua esiintyi molemmilla resoluutioilla hieman vähemmän kuin ikkunan tapauksissa.



Kuva 44 Niiden peräkkäisten sykevälien, jotka eroavat enemmän kuin 50 ms toisistaan, arcsin-muunnettujen prosentuaalisten osuuksien keskiarvot kaikista sykeväleistä eri tekstin asetteluilla ja resoluutioilla. Resoluutio ja asetelma eivät vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi sykevaihtelun määrään

7.3.7 Artikkelien sisällöllinen hankalalukaisuus

Koehenkilöiden arvioimat testeissä käytettyjen artikkelien sisällön hankalalukaisuuksien keskiarvot on esitetty kuvassa 45. Kaikkien artikkelien hankalalukaisuuksien keskiarvo oli 2,94. Artikkelit ”Elämää jäässä ja jään tuntumassa” koettiin sisällöltään hankalalukisimmaksi ja ”Halpa gini ja sosiaalinen katastrofi 1700-luvun Lontoossa” vähiten hankalalukiseksi, mutta arcsin-muunnettujen hankalalukaisuuksien suhteen artikkelit eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi ($F=2,38$, $p=0,14$).



Kuva 45 Artikkelien sisällöllisten hankalalukaisuuksien keskiarvot. Artikkelien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja

8 TULOSTEN TARKASTELU

8.1 Näyttöpinta-alan hyödyntäminen

8.1.1 Yleistä

Tekstin asettelutapa näytöllä ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi mihinkään tarkasteltuun luettavuuden ja kuormittavuuden kriteeriin. Seuraavassa on kuitenkin joitakin huomioita datan trendeistä.

Vaikka tilastollisesti merkitseviä eroja ei ollutkaan, suurin lukunopeus saavutettiin pitkillä riveillä (tapaus B). Tämä tapaus koettiin kuitenkin subjektiivisesti kuormittavimmaksi, eikä se saanut lainkaan kannatusta miellyttävimpänä asetelmana. Pitkien rivien nopeutta ei voida selittää pelkästään vähemmällä sivunvaihdolla, sillä aukeamana koko ruudulla esitetyssä tekstissä (tapaus A) tarvittiin myös vain yksi sivunvaihto, mutta lukunopeuden keskiarvo aukeaman tapauksessa oli pienin. Saadut tulokset noudattivat aiempien tutkimustuloksien trendejä /27/, joissa pisimmillä riveillä oli saatu suurimmat lukunopeudet, mutta testatut olivat kokeneet ne vähiten miellyttäviksi. Huomioitava yksityiskohta on, että nyt käytetty pitkien rivien rivinpituus, noin 214 merkkiä/rivi, oli pidempi kuin aiemmissa tutkimuksissa käytetyt pisimmät rivinpituudet.

Paras luetun ymmärtämisen taso ja lukuteho saavutettiin isokokoisella tekstillä koko ruudulla (tapaus C). Ikkuna-esitystavalla saatiin alhaisimmat lukuarvot. Isokokoinen teksti saattoi helpottaa lukemista ja aukeama sekä pitkät rivit –asetelmien tarjoama lisääntynyt kerralla näkyvissä oleva tekstimäärä helpottaa kognitiivista prosessointia ja siten parantaa hieman luetun ymmärtämistä.

Mikäli oletetaan, että räpytystiheys pienenee psyykkisen kuormittavuuden kasvaessa, isokokoinen teksti koko ruudulla ja ikkunassa esitetty teksti (tapaus D) olivat hieman vähemmän kuormittavia kuin aukeamana koko ruudulla esitetty teksti ja pitkillä riveillä koko ruudulla esitetty teksti. Aiempia lukututkimuksia, joissa kuormittavuutta olisi arvioitu räpytystiheydellä, ei löytynyt. Syynä havaittuun trendiin saattoi olla se, että aukeama- ja pitkät rivit –asetelmissa tekstiä oli eniten näkyvissä kerralla ja siten kerralla nähtävän informaation määrä oli suurin käytetyistä tekstin asetteluista. Tämä saattoi aiheuttaa visuaalisen kuormittavuuden kasvua. Aiemmissa tutkimuksissa on räpytystiheyden havaittu mittaavan juuri erityisesti visuaalista kuormittavuutta /72,76/, ja nyt havaittu trendi tukee tätä käsitystä. Iso teksti -asetelmassa myös tekstin suuri koko saattoi helpottaa lukemista, mikäli muissa asetelmissa käytetty tekstinkoko oli liian pieni parhaimman lukusuorituksen saavuttamiseksi.

Kuten jo aiemmin mainittiin, periferianäön vaikutus lukusuoritukseen ja kuormitukseen oli hankalaa eristää. Koko näytöllä esitettyjä tekstejä voidaan verrata pienemmällä alalla esitettyyn, mutta mahdollisien havaittavien erojen syynä voivat olla myös erot mm. kirjainkoossa ja rivinpituudessa. Tekstin esittämiseen käytetyn näytön pinta-alan suhteen ei eroja pääosassa mittaustuloksista ollut. Luetun ymmärtämisessä ikkuna kuitenkin osoittautui hieman muita huonommaksi vaihtoehdoksi. Niinpä periferianäön voitaisiin

ajatella vaikuttavan luetun ymmärtämiseen: suurentamalla tekstin esitykseen käytettävää alaa näkökentässä helpotetaan tekstin ymmärtämistä. Räpytystiheydessä havaitut pienemmät arvot aukeaman ja pitkien rivien tapauksessa viittaavat siihen, että jos teksti esitetään suuremmalla alueella näkökentässä siten mahdollistaen informaatiomäärän kasvattamisen, on se psyykkisesti kuormittavampaa kuin jos informaatiota esitetään vähemmän.

Henkilöiden miellyttävimmäksi valitsemassa tekstin esitystavassa ei myöskään saatu tilastollisesti merkitsevää tulosta, sekä ikkunassa esitetty että isokokoinen teksti valittiin yhtä monta kertaa miellyttävimmäksi vaihtoehdoksi. Nämä asetelmat olivat myös sekä räpytystiheyden että TLX:n perusteella vähiten psyykkisesti kuormittavia, vaikkakaan erot eivät olleet merkitseviä. Vaikka miellyttävyyssarvioinnin toisena yleisimmistä vastausvaihtoehdoista oli ikkuna, voidaan huomata, että kaikki koko näytön pinta-alaa hyödyntävät asetelmat saivat yhteensä enemmän kannatusta. Tästä voitaisiin päätellä, että näytön pinta-alan kasvattaminen niin, että saadaan esitettyä enemmän tekstiä kerralla, on kannattavaa. Etenkin, jos käyttäjä voi itse valita kuinka teksti ruudulla esitetään. Tällöin on myös mahdollista käyttää ikkunanäkymää tekstin esitykseen ja hyödyntää loppuosaa näyttöruudusta esimerkiksi lisämateriaalin tai apuohjelmien käytössä (neljä koehenkilöä kuvitteli käyttävänsä testinäyttöä näin). Miellyttävyyssarvioinnin sekä koehenkilöiden suullisen palautteen pohjalta voitaneen päätellä, että ei ole olemassa yhtä yleisesti miellyttävintä vaihtoehtoa tekstin esitykselle näytöllä, vaan lukijoilla on hyvin erilaisia mieltymyksiä. Pitkät rivit eivät kuitenkaan ole miellyttävä vaihtoehto (kukaan ei valinnut tätä asetelmaa), ja se koettiin myös psyykkisesti kuormittavimmaksi vaihtoehdoksi. Tätä vaihtoehtoa ei siis kannattaisi suosia käytännössä, vaikka lukunopeuden keskiarvo tässä asetelmassa olikin suurin.

Ainoa ensimmäisen osan testien tilastollisesti merkittävä tulos havaittiin koehenkilöiden kokemissa testeissä käytetyissä artikkelien sisällöllisissä vaikealukuisuuksissa. Eräs käytetyistä artikkeleista koettiin merkittävästi vaikeammaksi kuin toinen. Tämä oli eihaluttu lopputulos. Tästä johtuen artikkelin vaikutus oli suodatettu pois molemmissa testiosioissa ennen tilastollisia analyysyjä.

Pääasiassa koehenkilöt pystyivät kuvittelemaan käyttävänsä testinäyttöä pitkähköjen tekstien lukemiseen jatkuvassa käytössä niin, että teksti esitettäisiin näytön mahdollistamalla isommalla kirjasinkoolla kuin pienemmällä näytöllä, että tekstiä olisi useampi sivu näkyvissä samaan aikaan ruudulla esimerkiksi aukeamana, tai että teksti olisi näkyvissä osalla ruutua ja muita ohjelmaikkunoita olisi auki muissa osissa ruutua. Vain yksi koehenkilö ilmoitti, että ei missään tapauksessa lukisi tekstiä näytöltä vaan tulostaisi sen paperille. Suurin osa koehenkilöistä käytti tietokonetta yli viisi tuntia päivässä, mutta tekstien näytöltä lukemisen määrän keskiarvo oli vain 2,75 (arvioituna asteikolla 1-5). Tästä voitaisiin päätellä, että joko testatut eivät käyttäneet tietokonetta elektronisten tekstien lukemiseen lainkaan tai tulostivat ne usein paperille (tätä taustatietolomakkeessa ei kysytty suoraan, koska tutkimuksen tavoitteena ei ollut vertailla paperilta ja näytöltä lukua). Ottaen huomioon koehenkilöiden taustatiedot, ensimmäinen vaihtoehto vaikuttaa epätodennäköiseltä. Niinpä vastaukset testinäytön käyttämiseen lukemisessa olivat

lupaavia ja antoivat viitteitä siitä, että laajakulmainen, korkearesoluutioinen näyttö voisi vähentää tekstien tulostusta ja lisätä näytön käyttöä pitkäkööjenkin tekstien lukemiseen.

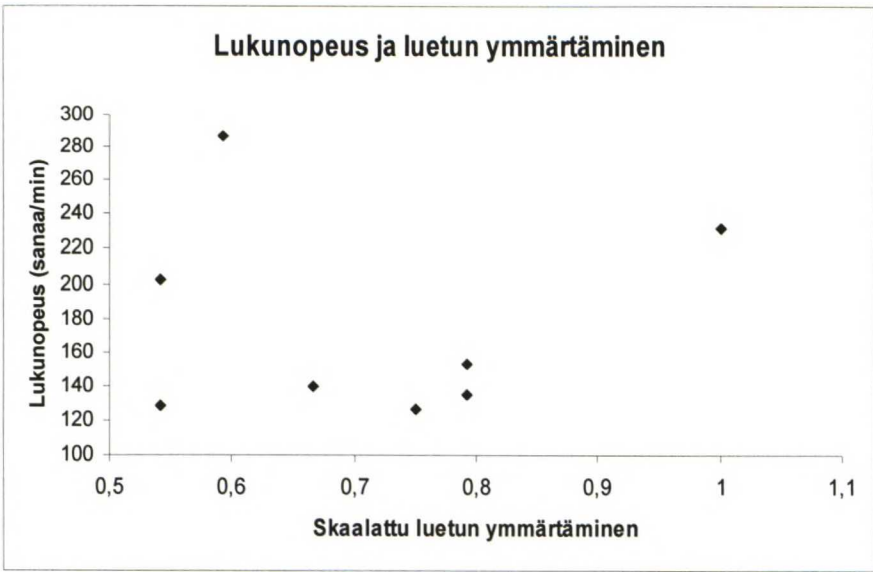
8.1.2 Mittojen väliset korrelaatiot

Seuraavassa tarkastellaan mitattujen luettavuus- ja kuormittavuuskriteerien välisiä riippuvuuksia Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Kaikki mittojen väliset Pearsonin korrelaatiokertoimen arvot ja nollahypoteesin ($H_0=$ ”mitat eivät korreloi”) p -arvot on esitetty kootusti taulukossa 4.

Taulukko 4 Mittojen väliset korrelaatiot ja korrelaatioiden p -arvot, kun mittoista on skaalattu artikkelin vaikutus pois sekä TLX ja luetun ymmärtäminen on normalisoitu arcsin-muunnoksella. Tilastollisesti merkitsevästi positiivisesti korreloivat lukunopeus ja räpytystiheys sekä sykevaihtelun 0,1 Hz:n kaistan teho ja peräkkäisten sykevälien vähintään 50 ms ero prosentteina kaikista sykeväleistä (molemmat sykevaihtelun mittoja)

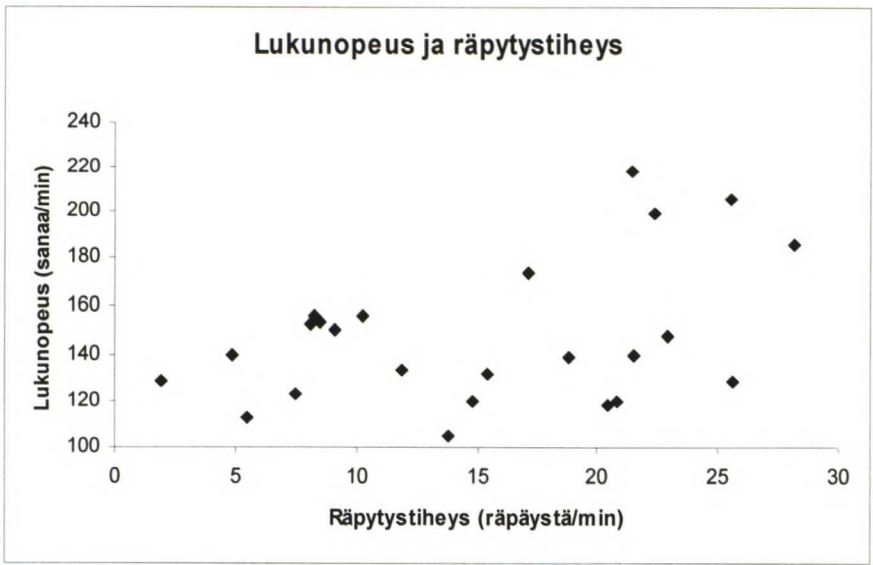
| | <i>r</i> | <i>p</i> |
|------------------------------|----------|----------|
| lukunopeus, luetun ymm. | -0,0188 | 0,9125 |
| lukunopeus, TLX | 0,1956 | 0,2834 |
| lukunopeus, räpytystiheys | 0,4136 | 0,0445 |
| lukunopeus, 0,1 Hz sykev. | -0,1318 | 0,4722 |
| lukunopeus, pNN50 | -0,1558 | 0,3945 |
| luetun ymm., TLX | -0,078 | 0,6715 |
| luetun ymm., räpytystiheys | -0,1049 | 0,6256 |
| luetun ymm., 0,1 Hz sykev. | -0,2892 | 0,1084 |
| luetun ymm, pNN50 | 0,3034 | 0,0914 |
| TLX, räpytystiheys | -0,1214 | 0,5721 |
| TLX, 0,1 Hz sykev. | 0,1234 | 0,5011 |
| TLX, pNN50 | 0,12 | 0,5129 |
| räpytystiheys, 0,1 Hz sykev. | 0,1562 | 0,4662 |
| räpytystiheys, pNN50 | 0,1528 | 0,4759 |
| 0,1 Hz sykev., pNN50 | 0,4735 | 0,0062 |

Kuva 46 esittää koehenkilöiden keskimääräisen lukunopeuden ja luetun ymmärtämisen välistä riippuvuutta. Lukutehon muodostavien lukunopeuden ja luetun ymmärtämisen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ($r = -0,02, p=0,91$). Tulos on päinvastainen kuin esimerkiksi tutkimuksessa /28/. Toisaalta myöskään Dillon et al. /24/ eivät löytäneet näytöltälukututkimuksessaan tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta eri henkilöillä luetun ymmärtämisen ja lukunopeuden välillä. Riippuvuuden puuttuminen saattaa viitata lukunopeuden ja luetun ymmärtämisen kahteen erilaiseen, henkilöiden väliseen ja henkilöiden sisäiseen, riippuvuuteen, josta työssä mainittiin jo aiemmin käsiteltäessä lukutehoa luettavuuden mittana.



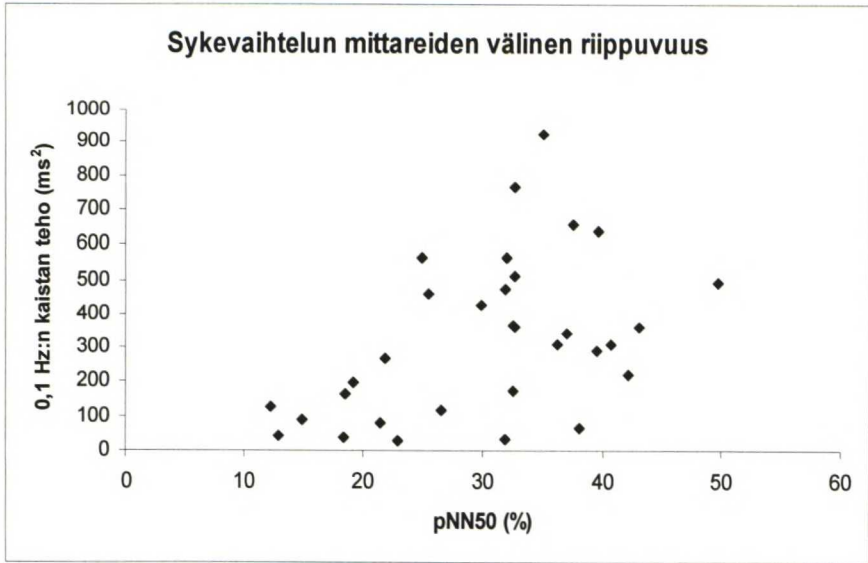
Kuva 46 Koehenkilöiden lukunopeuden ja luetun ymmärtämisen keskiarvojen välinen riippuvuus.

Lukunopeuden ja räpytystiheyden välillä oli tilastollisesti merkitsevää positiivista korrelaatiota. Riippuvuus on esitetty kuvassa 47. Korrelaatiosta voitaisiin muodostaa seuraava päätelmä: Mitä suurempi lukunopeus koehenkilöllä oli, sitä vähemmän henkilö oli kuormittunut psyykkisesti. Tämä riippuvuus voitaisiin selittää sillä, että kun lukunopeus oli suuri, lukeminen oli sujuvaa eikä luettaessa jouduttu näkemään vaivaa. Tällöin lukeminen ei myöskään kuormittanut niin paljoa. Lukunopeuden ollessa alhaisempi lukeminen olisi vaikeampaa ja kuormitus suurempaa.



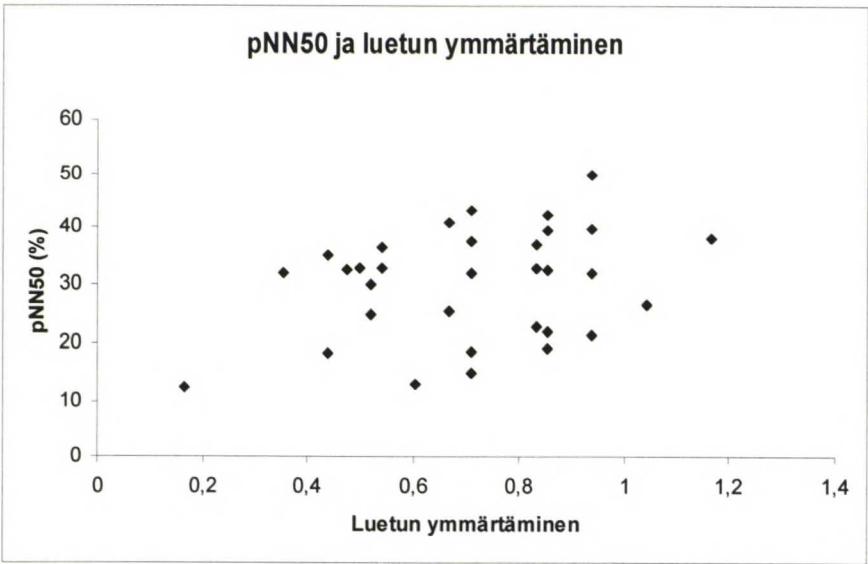
Kuva 47 Artikkelin vaikutuksista suodatettujen lukunopeuden ja räpytystiheyden riippuvuus. Mittojen välillä oli tilastollisesti merkitsevää positiivista korrelaatiota

Sykevaihtelutehon ja sykevaihtelun aikataston mitan, vähintään 50 ms eroavien peräkkäisten sykevälien lukumäärän prosentteina kaikista sykeväleistä, välillä oli tilastollisesti merkitsevää positiivista korrelointia. Korrelointi oli oletettavaa, sillä sekä taajuus- että aikataston mittojen tarkoitus on kuvata sykevaihtelun suuruutta ja sen kautta kuormittavuutta. Sykevaihtelun mittojen välinen riippuvuus on esitetty kuvassa 48.



Kuva 48 Artikkelin vaikutuksista suodatettujen sykevaihtelun taajuus- ja aikata-son mittojen välinen riippuvuus. Pystyakselilla taajuustason 0,1 Hz:n kaistan teho, vaaka-akselilla vähintään 50 ms eroavien peräkkäisten sykevälien osuus kaikista sykeväleistä. Mittojen välillä oli tilastollisesti merkitsevää positiivista korrelaatiota

Sykevaihtelun ja luetun ymmärtämisen tason välillä oli tilastollisesti suuntaa-antavaa positiivista korrelaatiota, josta voitaisiin päätellä, että mitä enemmän psyykkistä kuormitusta esiintyi, sitä alhaisempi oli luetun ymmärtämisen taso. Myös Mayes et al. havaitsivat tutkimuksessaan /50/ samansuuntaisia tilastollisesti merkitseviä tuloksia TLX:llä mitatun kuormittavuuden ja luetun ymmärtämisen välillä. Riippuvuus on esitetty kuvassa 49.



Kuva 49 Arcsin-muunnettujen ja artikkelin vaikutuksista suodatettujen aikata-son sykevaihtelun mitan, vähintään 50 ms eroavien peräkkäisten sykevälien osuuden kaikista sykeväleistä, ja luetun ymmärtämisen välinen riippuvuus. Mittojen välinen positiivinen korrelaatio oli tilastollisesti suuntaa-antava

8.2 Resoluution vaikutus

8.2.1 Yleistä

Resoluutio vaikutti tilastollisesti merkitsevästi subjektiiviseen kuormitukseen. Matalampi resoluutio koettiin kuormittavampana kuin korkeampi resoluutio. Kuormittavin asetelma oli ikkunassa esitetty teksti matalalla resoluutiolla. Silmämääräisesti tarkasteltuna resoluution puolittaminen ei huonontanut suurikokoisen tekstin laatua läheskään yhtä paljon kuin ikkunassa pienempikokoisilla kirjaimilla esitetyn tekstin kohdalla. Tämä selittää sen, miksi parittaisissa vertailuissa ikkunassa esitetyt eri resoluutioiset tekstit erosivat toisistaan merkitsevästi, kun taas isokokoiset tekstit eivät.

Resoluution vaikutus sykevaihtelun 0,1 Hz:n kaistan tehoon oli tilastollisesti suuntaa-antava. Matalammalla resoluutiolla teho oli pienempi ja sykevaihtelu näin vähäisempää kuin korkeammalla resoluutiolla. 1920x1200 pikselin resoluution voitiin siis olettaa kuormittavan enemmän kuin 3840x2400 pikselin resoluution myöskin tämän objektiivisen kuormittavuuden arviointimitan mukaan. Vähäisintä sykevaihtelu oli matalampiresoluutioisella ikkuna-asetelmalla. Lukunopeuteen, luetun ymmärtämiseen, lukutehoon, räpytystiheyteen ja sykevaihtelun aikatazon mittaan resoluutio ei vaikuttanut merkitsevästi.

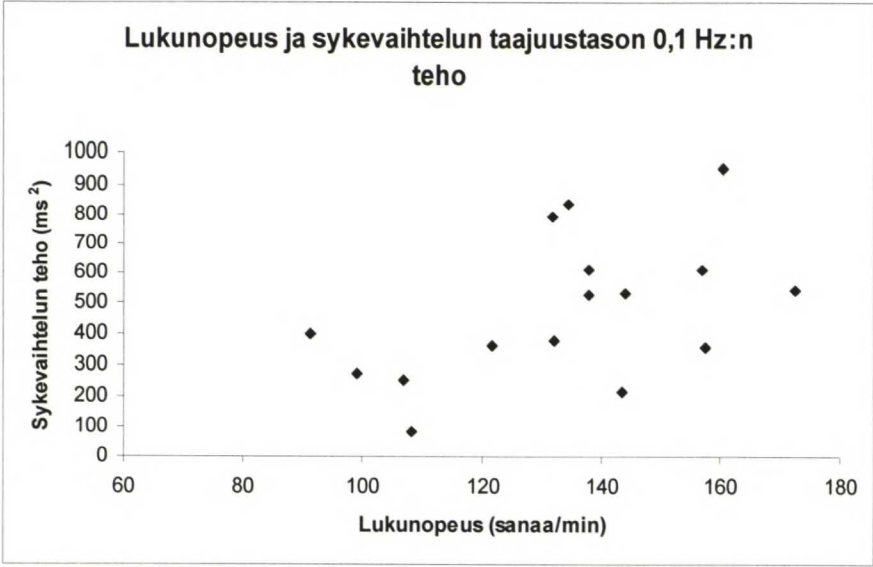
8.2.2 Mittojen väliset korrelaatiot

Kaikki testien toisen osan mittojen väliset Pearsonin korrelaatiokertoimen arvot ja nollahypoteesin ($H_0 = \text{”mitat eivät korreloi”}$) p -arvot on esitetty kootusti taulukossa 5.

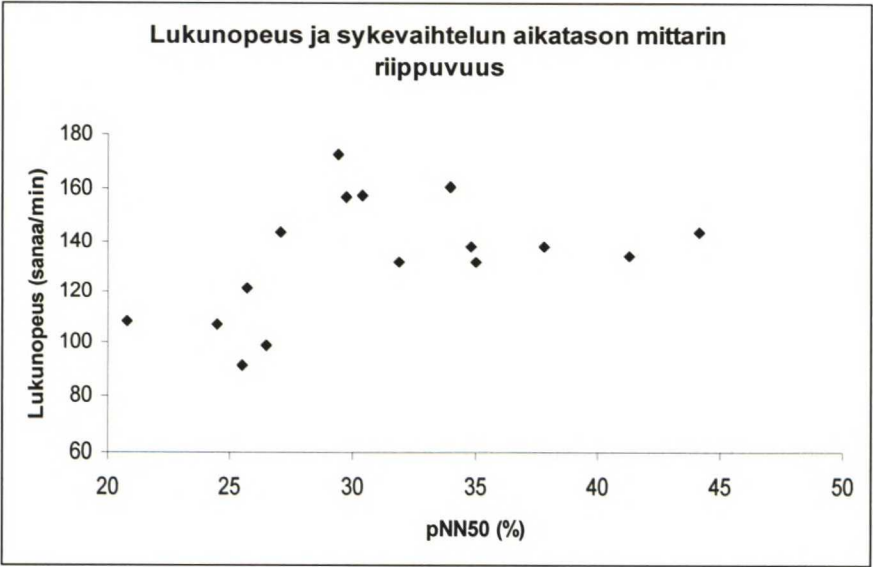
Taulukko 5 Mittojen väliset korrelaatiot ja korrelaatioiden p -arvot, kun mitoista on skaalattu artikkelin vaikutus pois sekä TLX, luetun ymmärtäminen, ja aikatazon sykevaihtelun mitta on normalisoitu arcsin-muunnoksella. Tilastollisesti merkitsevästi positiivisesti korreloivat lukunopeus ja sykevaihtelun 0,1 Hz:n kaistan teho sekä sykevaihtelun 0,1 Hz:n kaistan teho ja peräkkäisten sykevälien vähintään 50 ms ero prosentteina kaikista sykeväleistä (molemmat sykevaihtelun mittoja), tilastollisesti merkitsevästi negatiivisesti taas korreloivat luetun ymmärtäminen ja räpytystiheys

| | r | p |
|------------------------------|---------|--------|
| lukunopeus, luetun ymm. | -0,2338 | 0,3835 |
| lukunopeus, TLX | 0,3929 | 0,1322 |
| lukunopeus, räpytystiheys | 0,0859 | 0,7907 |
| lukunopeus, 0,1 Hz sykev. | 0,5031 | 0,047 |
| lukunopeus, pNN50 | 0,4532 | 0,0779 |
| luetun ymm., TLX | 0,0064 | 0,9812 |
| luetun ymm., räpytystiheys | -0,5966 | 0,046 |
| luetun ymm., 0,1 Hz sykev. | 0,2194 | 0,4142 |
| luetun ymm., pNN50 | -0,34 | 0,1976 |
| TLX, räpytystiheys | 0,3264 | 0,3005 |
| TLX, 0,1 Hz sykev. | 0,1071 | 0,693 |
| TLX, pNN50 | 0,2182 | 0,4169 |
| räpytystiheys, 0,1 Hz sykev. | 0,1595 | 0,625 |
| räpytystiheys, pNN50 | 0,442 | 0,1502 |
| 0,1 Hz sykev., pNN50 | 0,7146 | 0,0019 |

Lukunopeuden ja sykevaihtelun 0,1 Hz:n kaistan tehon välillä oli tilastollisesti merkitsevää positiivista korrelaatiota. Lukunopeuden ja sykevaihtelun aikatason mitan, vähintään 50 ms eroavien peräkkäisten sykevälien lukumäärän prosentteina kaikista sykeväleistä, välinen positiivinen korrelaatio oli tilastollisesti suuntaa-antava. Näiden korrelaatiokertoimien mukaan lukunopeus ja kuormittavuus arvioituna molempien sykevaihtelun mittojen avulla korreloivat negatiivisesti, eli mitä vähemmän kuormitusta esiintyi, sen nopeammin teksti luettiin. Tulos oli yhtenevä ensimmäisen osan räpytystiheyden ja lukunopeuden välisestä korrelaatiokertoimesta tehdyn päätelmän kanssa. Mittojen väliset riippuvuudet on esitetty kuvissa 50 ja 51.

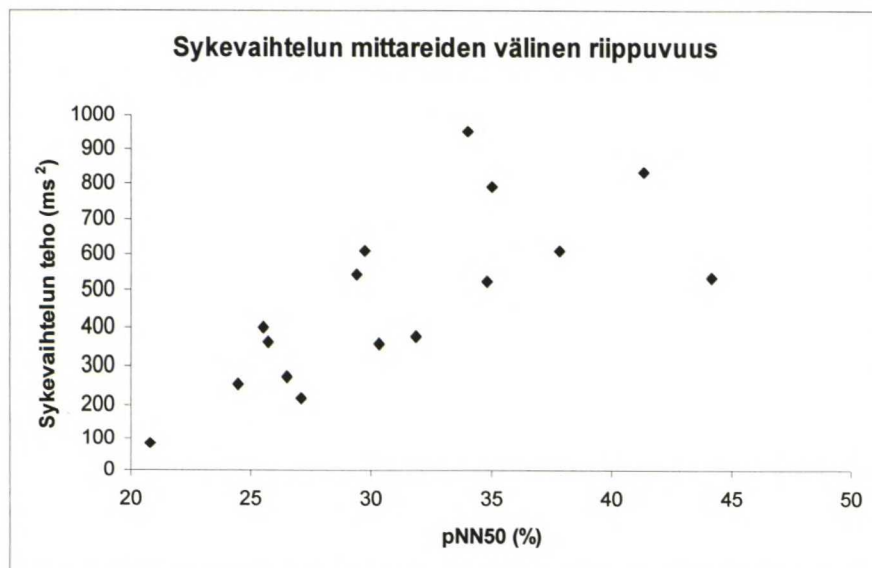


Kuva 50 Artikkelin vaikutuksista suodatettujen lukunopeuden ja sykevälien taajuustason 0,1 Hz:n kaistan tehon välinen riippuvuus. Mittojen välillä oli tilastollisesti merkitsevää positiivista korrelaatiota



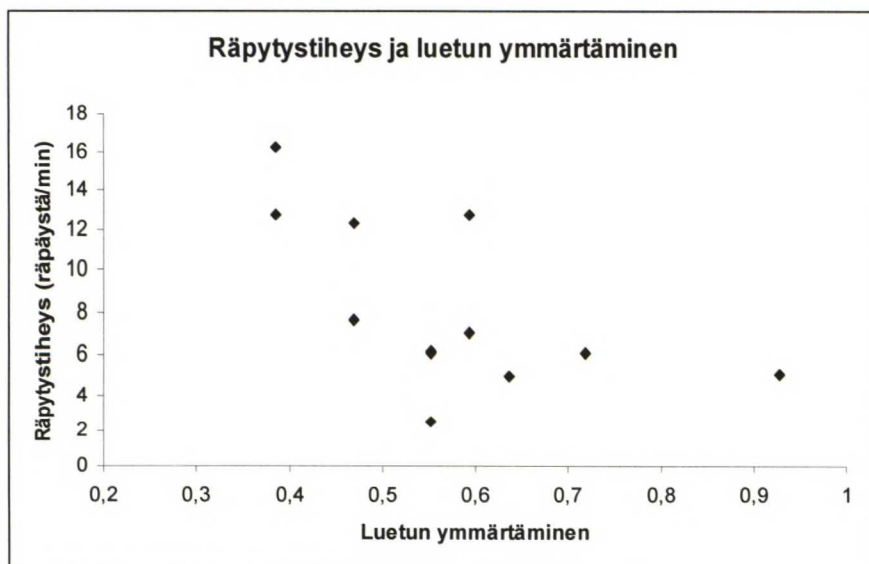
Kuva 51 Artikkelin vaikutuksista suodatettujen lukunopeuden ja vähintään 50 ms eroavien peräkkäisten sykevälien arcsin-muunnetun prosenttiosuuden kaikista sykeväleistä välinen riippuvuus. Mittojen välillä oli tilastollisesti suuntaa-antavaa positiivista korrelaatiota

Sykevaihtelutehon ja sykevaihtelun aikatason mittojen välillä oli tilastollisesti merkitsevää positiivista korrelaatiota. Riippuvuus on esitetty kuvassa 52.



Kuva 52 Artikkelin vaikutuksista suodatettujen sykevaihtelun taajuus- ja aikatason mittojen välinen riippuvuus. Pystyakselilla taajuustason 0,1 Hz:n kaistan teho, vaakakselilla vähintään 50 ms eroavien peräkkäisten sykevälien osuus kaikista sykeväleistä. Mittojen välillä oli tilastollisesti merkitsevää positiivista korrelaatiota

Luetun ymmärtämisen ja räpytystiheyden välillä oli tilastollisesti merkitsevää negatiivista korrelaatiota. Luetun ymmärtämisen ja kuormituksen välillä oli siis räpytystiheyden perusteella merkitsevää positiivista korrelaatiota, eli mitä enemmän henkilö ymmärsi lukemastaan, sitä kuormittuneempi hän oli. Tämä on päinvastainen tulos kuin testien ensimmäisessä osassa saatu. Kuten jo aiemmin mainittiin, silmän räpäyksiin perustuvien kuormittavuuden arviointimenetelmien on havaittu soveltuvan erityisesti visuaalisen kuormituksen arviointiin, ja ensimmäisen osan tuloksen ero nyt saatuun voi johtua kuormittavuusmittojen mittaamien kuormitusten eroista. Toisaalta eroon voi vaikuttaa myös testien eroavuudet, toisessa osassa käytettiin kahta resoluutiota yhden sijasta ja vain kahta ensimmäisen osan tekstin asettelutavoista näytöllä. Luetun ymmärtämisen ja räpytystiheyden välinen riippuvuus on esitetty kuvassa 53.



Kuva 53 Artikkelin vaikutuksista suodatettujen räpytystiheyden ja arcsin-muunnetun luetun ymmärtämisen välinen riippuvuus. Mittojen välinen negatiivinen korrelaatio oli tilastollisesti merkitsevä

8.3 Tulosten luotettavuus

Tässä luvussa tarkastellaan käytettyjä menetelmiä ja pohditaan syitä merkitsevien tulosten vähyyteen. Lisäksi selvitetään, kuinka luotettavia menetelmiä fysiologiset kuormittavuuden arviointimenetelmät olivat.

Tilastollisesti merkitsevien vaikutusten puuttumiseen saattoi olla monia syitä. Ehkä korkea resoluutio (toisen osan testeissä käytetty 1920x1200 resoluutiokin on vielä melko korkea) paransi kaikkien tekstin esitystapojen luettavuuksia niin paljon, että asettelusta johtuvat erot suorituksissa vaikuttivat vain lievästi. Otoskoot olivat melko pienet; suuremmilla otoksilla erot olisivat voineet selkeytyä.

Luetun ymmärtämisen mittaaminen suoritettiin monivalintakysymyksillä. Tätä mittaustapaa on kritisoitu liiallisesta yksityiskohtien muistamisen korostamisesta /24/. Sen, miten luetun monivalintakysymykset oli laadittu, ei-toivottua vaikutusta tuloksiin on hankala arvioida. Lisäksi on huomioitava, että osaan kysymyksistä on voitu vastata arvaamalla.

Ymmärtämisen tason selvittäminen on ollut perinteisesti hankalaa /24/. Kuitenkin käyttämällä monivalintakysymyksiä vastauksien tulkinta on helppoa ja yksinkertaista. Menetelmä koettiin käyttötarkoitukseensa riittävän tarkaksi luetun ymmärtämisen tason selvitykseen.

Räpytystiheyden perushajonnan selvittämiseksi yhdeltä koehenkilöltä mitattiin yhdeksän toistomittausta, joista laskettiin keskiarvo, keskihajonta ja niiden perusteella variaatiokerroin. Keskiarvo oli 13,6 räpäystä/min, keskihajonta 3,7 räpäystä/min ja variaatiokerroin 27%. Näiden tunnuslukujen perusteella räpytystiheyden mittausten menetelmää voidaan pitää sängen luotettavana menetelmänä. Silmän räpäysten tallennukseen käytetyn kameran resoluutio ei subjektiivisesti arvioituna pääsääntöisesti ollut liian pieni, vaan silmänräpäyksistä sai yleensä selvää. Luotettavampaan tulokseen silmänräpäyksien laskemisessa päästäisiin käyttämällä esimerkiksi video-okulografiaa

(VOG) tai elektro-okulografiaa (EOG). Pienessä mittakaavassa toteutettavaan tutkimukseen ja tilanteeseen, jossa kuormittavuus oli vain osa tutkimuskohdetta ja silmänräpäytykset vain yksi kuormittavuuden arviointimenetelmä, kamera ja videolta silmämääräisesti tehty räpytystiheyden määrittäminen vaikuttaa riittävältä mittausjärjestelmältä.

Sydämen sykevaihteluun perustuvien kuormittavuuden mittojen kohdalla ei saatu tilastollisesti merkitseviä eroja. Sykevaihtelua kehoitetaan mittaamaan niin, että mitattava on pitkällään ja hengittää tasaisesti, ei liiku eikä puhu /22,23,58/. Koska tällaisten olosuhteiden toteutus tämän työn yhteydessä oli mahdotonta, oli sykevälimenetelmien huonompi tarkkuus kuormittavuuden arviointikeinona kuin kirjallisuudessa odotettavissa. Sitä kuitenkin käytettiin, koska kirjallisuudessa oli hyvin ristiriitaisia mielipiteitä psyykkisen kuormittavuuden arviointimenetelmistä, ja koska sykevaihtelua kuitenkin usein pidetään luotettavimpana fysiologisena arviointimenetelmänä /52,67/. Sykevälien sekä silmänräpytysten mittaus oli helppo ja suhteellisen edullinen tapa toteuttaa psyykkisen kuormittavuuden arviointi subjektiivisen arvioinnin lisäksi. Taajuustason mittaan eli keskimmäisen kaistan tehoon vaikutti huomattavasti se, mistä kohtaa näyte oli valittu, sekä näytteen pituus ja laskuissa käytetyt parametrien arvot. Yhdeltä koehenkilöltä mitattujen toistomittausten perusteella aikatason mitan perushajonnan variaatiokertoimeksi saatiin 48% ja taajuustason mitan kertoimeksi 37%. Luvut viittaavat niin suureen perushajontaan, että menetelmien luotettavuus tämän mittauksen yhteydessä voidaan kyseenalaistaa. Tulee kuitenkin huomioida, että perushajonta laskettiin vain yhden koehenkilön mittausarvoista johtuen rajallisesta koehenkilöiden määrästä. Sykevaihtelu oli kuitenkin selkeästi vähentynyt testitilanteissa keskimäärin verrattuna lepotilanteen arvoihin sekä aika- että taajuustason mitoilla kuvailtuna. Sykevaihtelua voitaneen siis jatkossakin käyttää kuormittavuuden arvioinneissa, mikäli olosuhteet saadaan laboratoriomaisemmiksi, tai etenkin, jos halutaan selvittää suurien kuormittavuuserojen, kuten levon ja tehtävän suorituksen eron, olemassaoloa.

Subjektiivinen kuormittavuusarviointi NASA Task Load Indexiä käyttäen heijasteli tyydyttävästi koehenkilöiden kirjallisesti ja suullisesti antamaa palautetta asetelmien miellyttävyydestä. TLX:n, räpytystiheyden ja sykevaihtelun mittojen välillä ei esiintynyt merkitseviä korrelaatioita. Mayes et al. /50/ huomauttivat, että kuormittuvat henkilöt eivät aina tiedosta kuormituksen kasvua ja siten TLX ei välttämättä anna oikeaa kuvaa todellisesta kuormituksen muutoksesta. Räpytystiheyden ja sykevaihtelun riippumattomuus voi johtua mittojen mittaaman kuormittavuuden erosta. Kuten jo aiemmin mainittiin, räpytystiheys on käyttökelpoinen työkalu etenkin visuaalisen vaativuuden arvioinnissa /22,67,70,72/.

Koe suoritettiin tilassa, jonka välittömässä läheisyydessä oli kahvihuone, josta joidenkin kokeiden aikana kuului voimakastakin puheääntä. Muutama koehenkilö huomautti äänten häiritsevyydestä. Keskittymiskyvyn heikkeneminen ja tarkkaavaisuuden jakautumisesta johtuva kuormittuneisuuden kasvu saattoivat vaikuttaa mittaustuloksiin.

Tutkimuksessa haluttiin selvittää todellisessa työympäristössä mahdollisesti käytettävien tekstin asettelutapojen eroavuuksia ja paremmuusjärjestyksiä, tutkia voidaanko periferianäön roolia lisäämällä tehostaa näytöltä tapahtuvaa lukusuoritusta. Tarkoituksena

ei ollut selvittää yleisesti esimerkiksi rivinpituuden tai kirjasinkoon vaikutusta näytöltä luettaessa. Siksi asetelmaa tarkemmalla tasolla mittojen arvoihin vaikuttavien tekijöiden etsintä on hankalaa. On huomattava, että saadut tulokset pätivät vain käytetyille testiasetelmille.

On huomattava, että tässä työssä koehenkilöt lukivat todennäköisesti joko ekstensiivisellä tai intensiivisellä lukutyylillä. Henkilöille ei annettu tarkempaa ohjetta miten artikkelit tulisi lukea, kysyttäessä vastattiin, että lukisi kuten yleensä työssään lukisi. Henkilöille kuitenkin näytettiin mallilomaketta luetun ymmärtämiskysymyksistä ja kerrottiin, että lukemisen jälkeen esitetään kysymyksiä sisällöstä. Todellisuudessa toimistotyössä käytetään myös muita lukutekniikoita, eikä tässä työssä saatuja tuloksia voida yleistää esimerkiksi silmäily- tai hakulukemiseen.

Tässä työssä käsiteltiin näytöltä lukua vain uusien suurempikokoisten ja –erottelukykyisten näyttöjen hyödyntämistä mahdollisesti periferianäköä hyödyntäen luettaessa pitkäköjä dokumentteja näytöltä. Työympäristön muiden muuttujien, kuten työpisteen ergonomian ja valaistuksen tärkeitä rooleja näytöltä lukemisessa ei käsitelty. Tutkittavina kriteereinä olivat vain lukunopeus, luetun ymmärtäminen ja lukuteho sekä psyykkinen kuormittavuus. Paperilta lukemiseen tehtäviä vertailuja ei suoritettu, vaan keskityttiin pelkästään näytöltä lukuun. Siksi näytöltä lukemisen tiettyjä ominaisuuksia, kuten esimerkiksi elektronisten dokumenttien mahdollista parempaa selailtavuutta tai mahdollisuutta sanahakuun dokumentista, ei tässä työssä tutkittu. Korkearesoluutioinen suurehko näyttö mahdollistaa myös usean ohjelman tai muun erillisen ikkunan esittämisen rinnakkain näytöllä. Tämä työ rajattiin pelkän lukutehtävän ja periferianäön vaikutuksen lukemisessa tutkimiseen, joten tätä käytötapaa ei tutkittu tai testattu enempää.

Kokeiden toisen osan tuloksien luotettavuuteen saattoi vaikuttaa pieni otos, neljä henkilöä (räpytyksistä vain kolmen henkilön omat analysoitiin). Pääsyynä otoksen pienuuteen oli koehenkilötarjokkaiden vähäisyys, ja koska resoluution vaikutuksen tutkiminen ei ollut keskeistä tässä työssä, tyydyttiin näinkin pieneen otokseen. Oletettiin, että jo neljän henkilön avulla voidaan saada joitakin viitteitä resoluution vaikutuksesta. Saadut tulokset, vaikkakaan eivät olleet suurelta osin tilastollisesti merkitseviä, tukivat hypoteesia, että resoluution nosto helpottaa lukemista ja sitä kautta pienentää kuormitusta. Tarkempien resoluution vaikutusten lukusuoritukseen ja kuormitukseen tutkimiseksi tulisi kuitenkin suorittaa laajempia tutkimuksia kuin tässä työssä tehtiin.

9 YHTEEENVETO

Tämän diplomityön tarkoituksena oli selvittää, voidaanko korkearesoluutioisia, laajempaa kuvakulmaa käyttäviä pöytänäyttöjä hyödyntää toimistotyön lukutehtävien tehokkuutta lisäämällä tavalla. Lisäksi pyrittiin selvittämään, lisääntykö psyykkinen kuormittavuus näytön pinta-alan ja resoluution lisäyksen ja niistä johtuvan lisääntyneen näköinformaation vuoksi.

Tutkimuksen alkupuolella perehdyttiin aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen. Työssä esiteltiin lukemiseen oleellisesti liittyvä näköaisti ja työssä pohdinnan alla ollut periferianäkö sekä sen rooli lukemisessa. Varsinaisesta lukemisesta käsiteltiin erikseen lukemista yleisesti, kuten eri lukemista kuvaavia prosesseja ja tekstin luettavuutta, sekä näytöltä lukemista. Lisäksi teoriaosassa selvitettiin psyykkisen kuormittavuuden käsitettä ja sen mittaamista.

Työhön sisältyvissä testeissä pyrittiin selvittämään korkearesoluutioisen, laajakuvakulmaisen näytön hyötyjä toimistotyön lukutehtävissä. Vertailtiin, voidaanko näytöllä lisääntyneellä informaatiomäärällä ja periferianäön käytön avulla tehostaa lukemista. Toisaalta tutkittiin, lisääkö se kuormittuneisuutta, vai saadaanko korkealla resoluutiolla pienennettyä psyykkistä työkuormaa. Teksti esitettiin kolmella eri tavalla koko näytön alalla ja yhdellä tavalla pienemmässä ikkunassa, jolloin se vei pienemmän alan perifeerisestä näkökentästä. Testeissä ei havaittu tekstin asettelun näytöllä vaikuttavan tilastollisesti merkitsevästi lukusuoritukseen lukunopeuden, luetun ymmärtämisen tai lukutehon osalta. Tekstin esitykseen käytetyn näkökentän Asetelma ei myöskään vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi psyykkiseen kuormitukseen, kun sitä arvioitiin subjektiivisesti NASA-TLX:n avulla ja fysiologisesti kahden eri sydämen sykevaihtelun mitan sekä silmän räpytystiheyden avulla. Tuloksien pohjalta ei kuitenkaan voida väittää, etteikö tekstin asettelu näytöllä vaikuttaisi lukusuoritukseen ja psyykkiseen kuormitukseen. Luetun ymmärtämisessä niillä laajemmin näkökenttää hyödyntävillä tekstin asetteluilla saatiin hieman parempia tuloksia, ja silmänräpytystiheyden perusteella enemmän informaation sisältöä esittäessä visuaalinen kuormitus oli hieman suurempaa. Korkeampi resoluutio vaikutti tilastollisesti merkitsevästi alentavasti lukiessa koettuun psyykkiseen kuormittavuuteen sekä subjektiivisesti että objektiivisesti tarkasteltuna.

Vaikka suurin osa saaduista tuloksista ei ollut tilastollisesti merkitseviä, saatiin niistä kuitenkin uutta tietoa vielä nykyäänkin melko heikosti ymmärretyn näytöltä lukemisen osalta. Resoluution parantaminen pienensi psyykkistä kuormitusta. Korkealla resoluutiolla tekstin asettelulla näytölle ei ollut suurta vaikutusta lukusuoritukseen, mutta etenkin pitkillä riveillä esitetty teksti ei ole suositeltava esitystapa. Mikäli tekstin esitystä perifeerisessä näkökentässä lisätään niin, että samalla kerralla näkyvissä oleva informaatiomäärä kasvaa, voi lukijan visuaalinen kuormittuneisuus lisääntyä. Yksilölliset erot olivat suuria ja paras vaihtoehto tulevaisuudessa olisikin antaa käyttäjälle mahdollisuus valita itselleen mieluisa tekstin esitystapa.

Suuremman näytön mahdollistama suurikokoinen teksti voi helpottaa iäkkäämpien ihmisten tai muuten heikosta näkökyvystä kärsivien työskentelyä tietokoneella. Korkea

resoluutio tekee myös kirjaimista selkeämpiä. Tässä tutkimuksessa koehenkilöt olivat melko nuoria, mutta koko ajan resoluutioltaan ja ominaisuuksiltaan paranevien näyttöjen mahdollisia hyötyjä myös iäkkäämpien henkilöiden kohdalla kannattaisi tutkia.

Tulokset antavat viitteitä siitä, että tulevaisuudessa näyttöjen erottelukykyä ja pinta-alaa nostamalla näytöillä voidaan esittää tarkemmin, suuremmalla koolla tai enemmän tietoa ja näin mahdollisesti parantaa lukusuorituksia ja pienentää niihin tarvittavaa kuormitusta. Mikäli halutaan parantaa etenkin luetun ymmärtämisen tasoa, kannattaa periferianäön hyödyntämistä näytöltä luettaessa tutkia tarkemmin. Näytöltä lukemisesta saataneen tehtyä nykyistä miellyttävämpää ja toimistotyön tehokkuutta pystyttäen kasvattamaan työntekijän psyykkistä kuormittavuutta lisäämättä. Ominaisuuksiltaan jatkuvasti parantuvien työpöytänäyttöjen tarjoamien hyötyjen selvitys näytöltä luettaessa on tämän työn mittaustulosten perusteella kannattavaa.

LÄHDELUETTELO

- /1/ **Adler, A., Gujar, A., Harrison, B.L., O'Hara, K., Sellen, A.** 1998. *A diary study of work-related reading: design implications for digital reading devices*. In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. Los Angeles, USA. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co. s. 241-248.
- /2/ **Anon.** *Adult Education Reading Instruction – Glossary: Acronyms and Definitions of Key Terms*. US Department of Education, National Institute for Literacy [viitattu 7.7.2004]. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa:) <URL:http://www.nifl.gov/partnershipforreading/adult_reading/glossary/glossary.html>
- /3/ **Anon.** *ECG analysis project*. Ragnar Granit Institute, Tampere University of Technology [viitattu 18.2.2004]. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa:) <URL:http://www.rgi.tut.fi/kurssit/7104500/ekg_analyysi/ecg_analysis.html>.
- /4/ **Anon.** *HP LaserJet 4200 printer specifications*. Hewlett-Packard [viitattu 7.7.2004]. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa:) <URL:<http://h10010.www1.hp.com/wwpc/us/en/sm/WF06b/18972-236251-236263-14638-236263-84028-84030-84031.html>>
- /5/ **Anon.** *Howstuffworks "How vision Works"*. HowStuffWorks, Inc. [viitattu 10.12.2003]. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa:) <URL:<http://science.howstuffworks.com/eye2.htm>>.
- /6/ **Anon.** *Lukutavat ja –strategiat*. YLE Etälukio [viitattu 11.3.2004]. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa:) <URL:<http://www.yle.fi/opintoradio/englanti/kurssi7/k716.htm>>
- /7/ **Anon.** *Suggestions for Improving Reading Speed*. Virginia Polytechnic Institute and State University [viitattu 7.7.2004]. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa:) <URL:<http://www.ucc.vt.edu/stdysk/suggest.html>>
- /8/ **Anon.** *TERVEYSTIETO A – Ö: SILMÄT JA NÄKÖ - rentoutumista ja hyvinvointia...* YTHS, päivitetty 17.12.2003 [viitattu 21.4.2004]. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa:) <URL:http://www.yths.fi/suomi/terveystietoa/silmat_ja_nako_silmien_rentouttaminen.htm>.
- /9/ **Anon.** *The Effects of Fatigue on Vision*. Biomedical, Industrial and Human Factors Engineering, College of Engineering and Computer Science, Wright State University [viitattu 18.5.2004]. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa:) <URL:<http://www.cs.wright.edu/bie/rehabengr/vision/visionfatigue.htm>>.
- /10/ **Anon.** *The Reading Process*. Sarasota District Schools [viitattu 8.7.2004]. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa:) <URL:<http://www.sarasota.k12.fl.us/sarasota/rdgprocess.htm>>

- /11/ **Anon.** *Tieteessä tapahtuu –verkkolehti*. Tieteellisten seurain valtuuskunta [viitattu 21.4.2004]. Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://www.tieteessatapahtuu.fi/>>.
- /12/ **Anon.** *Tuottava toimisto 2005*. www.tervetalo.net, päivitetty 8.6.2004 [viitattu 10.6.2004]. Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://www.tervetalo.net/tt2005/>>.
- /13/ **Anon.** *ViewSonic: Products: Desktop Displays: CRT Monitors: E2 Series: E70*. ViewSonic [viitattu 7.7.2004]. Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://www.viewsonic.com/products/desktopdisplays/crtmonitors/e2series/e70>> />
- /14/ **Anon.** *ViewSonic: Products: LCD Displays: VP2290b*. ViewSonic [viitattu 14.4.2004]. Saatavilla www-muodossa: <URL:http://www.viewsonic.com/products/lcd_vp2290b.htm>.
- /15/ **Anon.** *Vision Standard Literature Review*. United States Department of Transportation - Federal Highway Administration. Päivitetty 3.4.1996 [viitattu 31.3.2004]. Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://www.fhwa.dot.gov/vision/omv1r3.html>>.
- /16/ **Anon.** *Yourdictionary.com*. The Houghton Mifflin Company [viitattu 10.2.2004]. Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://www.yourdictionary.com/>> .
- /17/ **Bailey, B.** *Optimal line length, HFI's UI Design Update Newsletter - November 2002*. Human Factors International [viitattu 21.6.2004]. Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://www.humanfactors.com/downloads/nov02.asp#bobbbailey>>.
- /18/ **Brookings, J.B., Wilson, G.F., Swain, C.R.** *Psychophysiological responses to changes in workload during simulated air traffic control*. *Biological Psychology* 42(1996)3, s. 361-377.
- /19/ **Chung, S.T.L., Mansfield, J.S., Legge, G.E.** *Psychophysics of reading. XVIII. The effect of print size on reading speed in normal peripheral vision*. *Vision Research* 38(1998)19, s. 2949-2962.
- /20/ **Czaja, S.J.** *Microcomputers and the Elderly*. In: Helander, M. (toim.). *Handbook of Human-Computer Interaction*. North-Holland 1988, Elsevier Science Publishers B.V. S. 581-598.
- /21/ **de Bruijn, D., de Mul, S., van Oostendorp, H.** *The influence of screen size and text layout on the study of text*. *Behaviour & Information Technology* 11(1992)2, s. 71-78.
- /22/ **de Waard, D.** *The measurement of drivers' mental workload*. Traffic Research Centre, University of Groningen. Haren, The Netherlands 1996 [viitattu 25.2.2004]. Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://www.home.zonnet.nl/waard2/mwl.htm>>.
- /23/ **DiDomenico, A.T.** *An investigation on subjective assessments of workload and postural stability under conditions of joint mental and physical demands*. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, USA 2003 [viitattu

- 19.2.2004]. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa:)
<URL:http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-07232003-213904/unrestricted/DiDomenico_dissertation.pdf>.
- /24/ **Dillon, A., Richardson, J., McKnight, C.** *The effects of display size and text splitting on reading lengthy text from screen.* Behaviour & Information Technology 9(1990)3, s. 215-227.
- /25/ **Dillon, A.** *Reading from paper versus screens: a critical review of the empirical literature.* Ergonomics 35(1992)10, s. 1297-1326.
- /26/ **Duchowski, A.** *Eye-Based Interaction in Graphical Systems: Theory & Practice.* [viitattu 18.12.2003]. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa:)
<URL:<http://www.vr.clemson.edu/eyetracking/sigcourse/>>.
- /27/ **Dyson, M.C., Kipping, G.J.** *The Effects of Line Length and Method of Movement on Patterns of Reading from Screen.* Visible Language 32(1998)2, s. 150-181.
- /28/ **Dyson, M.C., Haselgrove, M.** *The influence of reading speed and line length on the effectiveness of reading from screen.* International Journal of Human-Computer Studies 54(2001)4, s. 585-612.
- /29/ **Erickson, M.** *Eye Anatomy.* St. Luke's Cataract & Laser Institute [viitattu 5.12.2003]. Saatavilla [www-muodossa:](http://www.muodossa:)
<URL:<http://www.stlukeseye.com/Anatomy.asp>>.
- /30/ **Eysenck, M.W., Keane, M.T.** *Cognitive Psychology.* Psychology Press, Iso-Britannia 1995. 542 s.
- /31/ **Fournier, L.R., Wilson, G.F., Swain, C.R.** *Electrophysiological, behavioral, and subjective indexes of workload when performing multiple tasks: manipulations of task difficulty and training.* International Journal of Psychophysiology 31(1999)2, s. 129-145.
- /32/ **Garland, K.J., Noyes, J.M.** *CRT monitors: Do they interfere with learning?* Behaviour & Information Technology 23(2004)1, s. 43-52.
- /33/ **Gille, J., Larimer, J., Powers, M., Liu, H.** *Very-High-Resolution Displays: Productivity Gains in Word-Processing and Spreadsheet Tasks.* SID 04 Digest 35(2004), s. 1366-1369.
- /34/ **Goldstein, E.B.** *Sensation and Perception.* Wadsworth-Thomson Learning, USA 2002. 680 s.
- /35/ **Gould, J.D., Alfaro, L., Barnes, V., Finn, R., Grischowsky, N., Minuto, A.** *Reading is slower from CRT displays than from paper: Attempts to isolate a single variable explanation.* Human Factors 29(1987)3, s. 269-299.
- /36/ **Hansen, W.J., Haas, C.** *Reading and Writing with Computers: A Framework for explaining Differences in Performance.* Communications of the ACM 31(1988)9, s. 1080-1089.

- /37/ **Hart, S.G., Staveland, L.E.** *Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research.* In: Hancock, P.A., Meshkati, N. Human Mental Workload. Amsterdam 1988, Elsevier Science Publishers B.V. s. 139-183.
- /38/ **Hill, B.** *The Magic of Reading.* Microsoft, Redmond, USA 1999.
- /39/ **Hyönä, J.** *Silmänliikkeet, kognitio ja lukeminen.* Psykologia 30(1995) s. 89-95.
- /40/ **Irwin, D.E.** *Lexical Processing during Saccadic Eye Movements,* Cognitive psychology 36(1998)1, s. 1-27.
- /41/ **Jackson, M.D., McClelland, J.L.** *Processing Determinants of Reading Speed.* Journal of Experimental Psychology: General 108(1979)2, s. 151-181.
- /42/ **Jantunen, H.** *Tietokoneen näyttö ei korvaa paperia.* Verkkouutiset, päivitetty 15.1.1998 [viitattu 11.3.2004]. Saatavilla [www-muodossa: <URL:http://www.verkkouutiset.fi/arkisto/Arkisto_1999/15.tammikuu/ETEXT299.HTM>](http://www.verkkouutiset.fi/arkisto/Arkisto_1999/15.tammikuu/ETEXT299.HTM).
- /43/ **Jex, H.R.** *Measuring mental workload: problems, progress, and promises.* In: Hancock, P.A., Meshkati, N. Human Mental Workload. Amsterdam 1988, Elsevier Science Publishers B.V. s. 5-39.
- /44/ **Just, M.A., Carpenter, P.A.** *Speedreading.* In: Just, M.A., Carpenter, P.A. (toim.). The Psychology of reading and language comprehension. Newton, USA 1987, Allyn and Bacon. s. 425-452.
- /45/ **Laarni, J.** *Tekstin graafisen ulkoasun vaikutus lukemisen tehokkuuteen.* In: Riitta Brusila (toim.). Typografia: Kieltä vai visuaalisuutta. 2002, WSOY.
- /46/ **Laitio, T., Scheinin, H., Kuusela, T., Mäenpää, M., Jalonen, J.** *Mitä sydämen sykevaihtelu kertoo?* Finnanest 34(2001)3. Suomen anestesiologiyhdistys ry [viitattu 17.2.2004]. Saatavilla [www-muodossa: <URL:http://www.fimnet.fi/finnanest/lehdet/2001/no_3/a_laitio.pdf>](http://www.fimnet.fi/finnanest/lehdet/2001/no_3/a_laitio.pdf).
- /47/ **Latham, K., Whitaker, D.** *A Comparison of Word Recognition and Reading Performance in Foveal and Peripheral Vision.* Vision Research 36(1996)17, s. 2665-2674.
- /48/ **Lee, H., Legge, G.E., Ortiz, A.** *Is word recognition different in central and peripheral vision?* Vision Research 43(2003)26, s. 2837-2846.
- /49/ **Lee, Y.S.** *A study of Reading with a Handheld Computer.* Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, USA 2003. 78 s. Saatavilla [www-muodossa: <URL:http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-08192003-112623/unrestricted/Lee_ThesisFinal.pdf>](http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-08192003-112623/unrestricted/Lee_ThesisFinal.pdf).
- /50/ **Mayes, D.K., Sims, V.K., Koonce, J.M.** *Comprehension and workload differences for VDT and paper-based reading.* International Journal of Industrial Ergonomics 28(2001)6, s. 367-378.

- /51/ **Meshkati, N., Loewenthal, A.** *An eclectic and critical review of four primary mental workload assessment methods: A guide for developing a comprehensive model.* In: Hancock, P.A., Meshkati, N. (toim.). *Human Mental Workload.* Amsterdam 1988, Elsevier Science Publishers B.V. s. 251-267.
- /52/ **Meshkati, N.** *Heart Rate Variability and Mental Workload Assessment.* In: Hancock, P.A., Meshkati, N. (toim.). *Human Mental Workload.* Amsterdam 1988, Elsevier Science Publishers B.V. s. 101-113.
- /53/ **Muter, P., Latremouille, S.A., Treurniet, W.C., Beam, P.** *Extended Reading of Continuous Text on Television Screens.* *Human Factors* 24(1982)5, s. 501-508.
- /54/ **Muter, P., Maurutto, P.** *Reading and skimming from computer screens and books: the paperless office revisited?* *Behaviour & Information Technology* 10(1991)4, s. 257-266.
- /55/ **Muter, P.** *Interface Design and Optimization of Reading Continuous Text.* In: van Oostendorp, H., de Mul, S. (toim.). *Cognitive Aspects of Electronic Text Processing.* Norwood, USA 1996, Ablex Publishing.
- /56/ **Nave, R.** *The Rods and Cones of the Human Eye.* Hyper Physics [viitattu 19.12.2003]. Saatavilla www.muodossa.com/URL:http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/rodcone.html
- /57/ **Nielsen, J.** *Electronic Books - A Bad Idea.* Jakob Nielsen's Alertbox, useit.com, päivitetty 26.6.1998 [viitattu 21.4.2004]. Saatavilla www.muodossa.com/URL:http://www.useit.com/alertbox/980726.html.
- /58/ **Niemelä, E., Teikari, V.** *Työn psyykkinen kuormittavuus - Käsitteet, malli ja mittaaminen.* 82/1984 TKK, Teollisuustalouden ja Työpsykologian laboratoriot, Otaniemi 1984. 175 s.
- /59/ **O'Donnell, R.D., Eggemeier, F.T.** *Workload assessment methodology.* In: Boff, K.R., Kaufman, L., Thomas, J.P. *Handbook of perception and human performance.* Volume II, cognitive processes and performance. New York 1986, Wiley. s. 42/1-42/49.
- /60/ **Penttilä, J.** *Erilaisten näyttöasetelmien tehokkuus ja kuormittavuus toimistotyössä.* Teknillinen korkeakoulu, Automaatio- ja systeemitekniikan osasto, Espoo 2004. 57 s.
- /61/ **Rantanen, E.M., Goldberg, J.H.** *The effect of mental workload on the visual field size and shape.* *Ergonomics* 42(1999)6, s. 816-834.
- /62/ **Rayner, K., Pollatsek, A.** *The Psychology of Reading.* Prentice-Hall, USA 1989. 529 s.
- /63/ **Rayner, K.** *Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research.* *Psychological Bulletin* 124(1998)3, s. 372-422.

- /64/ **Rorden, C.** *ezANOVA*. University of Nottingham, School of Psychology [viitattu 12.7.2004]. Saatavilla [www-muodossa: <URL: http://www.psychology.nottingham.ac.uk/staff/cr1/ezanova/>](http://www.muodossa: <URL: http://www.psychology.nottingham.ac.uk/staff/cr1/ezanova/>).
- /65/ **Ross, S.** *Two Screens Are Better Than One*. Microsoft, [viitattu 17.5.2004]. Saatavilla [www-muodossa: <URL:http://research.microsoft.com/displayArticle.aspx?id=433>](http://www.muodossa: <URL:http://research.microsoft.com/displayArticle.aspx?id=433>).
- /66/ **Rowe, D.W., Sibert, J., Irwin, D.** *Heart rate variability: indicator of user state as an aid to human-computer interaction*. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co, Los Angeles, USA 1998. s. 480-487
- /67/ **Scerbo, M.W., Freeman, F.G., Mikulka, P.J., Parasuraman, R., Di Nocero, F., Prinzl, L.J.** *The Efficacy of Psychophysiological Measures for Implementing Adaptive Technology*. National Aeronautics and Space Administration, 2001. NASA/TP-2001-211018. 71 s.
- /68/ **Sellen, A., Harper, R.** 1997. *Paper as an analytic resource for the design of new technologies*. In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. Atlanta, USA. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co. s. 319-326.
- /69/ **Smith, M.J., Cohen, W.J.** *Design of computer terminal workstations*. In: Salvendy, G. (toim.). *Handbook of human factors and ergonomics*. New York 1997, John Wiley & Sons, Inc. S. 1639-1688
- /70/ **Stern, J.A., Walrath, L.C., Goldstein, R.** *The Endogenous Eyeblink*. *Psychophysiology* 21(1984)1, s. 22-33.
- /71/ **Uetake, A., Murata, A., Otsuka, M., Takasawa, Y.** 2000. *Evaluation of visual fatigue during VDT tasks*. In: 2000 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. IEEE. Vol. 2 s. 1277-1282.
- /72/ **Veltman, J.A., Gaillard, A.W.K.** *Physiological indices of workload in a simulated flight task*. *Biological Psychology* 42(1996)3, s. 323-342.
- /73/ **Ware, C.** *Information Visualization: Perception for Design*. Morgan Kaufman, San Francisco 2000. 438 s.
- /74/ **Weedman Molavi, D.** *Neuroscience Tutorial*. Washington University School of Medicine, [viitattu 03/312004]. Saatavilla [www-muodossa: <URL:http://thalamus.wustl.edu/course/>](http://www.muodossa: <URL:http://thalamus.wustl.edu/course/>).
- /75/ **Wiio, O.A.** *Viestinnän perusteet*. Weilin + Göös, Espoo 1989. 291 s.
- /76/ **Yamada, F.** *Frontal midline theta rhythm and eyeblinking activity during a VDT task and a video game: useful tools for psychophysiology in ergonomics*. *Ergonomics* 41(1998)5, s. 678-688.
- /77/ **Ziefle, M.** *Effects of display resolution on visual performance*. *Human Factors* 40(1998)4, s. 555-568.

- /78/ **Öquist, G.** *Adaptive Rapid Serial Visual Presentation*. Uppsala University, Department of Linguistics, 2001 [viitattu 26.2.2004]. Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.org): <URL:<http://www.sais.org.se/mthprize/2001/oqvist2001.pdf>>.

LIITE 1: TESTEISSÄ KÄYTETYT LOMAKKEET

A. Taustatietolomake

TESTI – NÄYTÖLTÄ LUKU

Koehenkilö:

Päivämäärä:

Koe alkoi klo:

Koejärjestelmä:

Koe päättyi klo:

Taustatietoja

- 1 Ikä: _____
- 2 Sukupuoli
- 1 mies
 - 2 nainen
- 3 Äidinkieli
- 1 suomi
 - 2 ruotsi
 - 3 joku muu, mikä: _____
- 4 Näkö
- a) Käytätkö piilolinssejä (testin aikana)?
 - 1 en
 - 2 kyllä
 - b) Onko näkökenttäsi normaali? (Kysy lisää testaajalta)
 - 1 kyllä
 - 2 ei
- 5 Tietokoneen käyttö
- a) Kuinka paljon keskimäärin käytät tietokonetta?
 - 1 > 5 h/päivä (>35 h/viikko)
 - 2 2-5 h/päivä (14-35 h/viikko)
 - 3 1-13 h/viikko
 - 4 < 1 h/viikko
 - b) Miten paljon luet (pidempiä) tekstejä näytöltä (asteikolla 1..5)?

en lainkaan 1 2 3 4 5 paljon

☐ en osaa sanoa
 - c) Jos vastasit edelliseen 3, 4 tai 5, käytätkö koko näyttöruudun alaa tekstin esittämiseen?
 - 1 kyllä, usein
 - 2 toisinaan
 - 3 hyvin harvoin tai en ollenkaan

☐ en osaa sanoa

6 Lukeminen

a) Kuinka paljon luet (asteikolla 1..5)?

en lainkaan 1 2 3 4 5 *paljon*

☐ en osaa sanoa

b) Kuinka harjaantunut lukija koet olevasi (asteikolla 1..5)?

harjaantumaton 1 2 3 4 5 *harjaantunut*

☐ en osaa sanoa

B. Luetunymmärtämiskysymykset

ELÄMÄÄ JÄÄSSÄ JA JÄÄN TUNTUMASSA

1. Mitä artikkelissa sanotaan valtameriveden lämpötilasta napa-alueilla?
 - a. Se pysyy täysin samana ympäri vuoden
 - b. Lämpötilassa on pientä vuodenaikaista vaihtelua
 - c. Kesällä lämpötila voi nousta jopa kymmeneen celsiusasteeseen
2. Mikä on artikkelin mukaan jäälevästöjen merkitys meriekosysteemin energiabudjetille?
 - a. Suuri
 - b. Hyvin pieni
 - c. Merkityksestä ollaan epätietoisia
3. Missä jäälevät voisivat kasvaa järvissä?
 - a. Jään alapinnassa
 - b. Jään onkaloissa
 - c. Jään päällä
4. Kuka artikkelin mukaan matkallaan ihmetteli Itämeren jääaavikkojen autiutta?
 - a. Fritjof Nansen
 - b. Ernst Häyrén
 - c. Guiseppe Acerbi

HALPA GINI JA SOSIAALINEN KATASTROFI 1700-LUVUN LONTOOSSA

1. Mikä oli ginin alkuperäinen käyttötarkoitus?
 - a. Lääke
 - b. Puhdistusaine
 - c. Oluen korvike
2. Milloin paloviinan tuotanto Englannissa alkoi kiihtyä?
 - a. 1600-luvun alussa
 - b. 1600-luvun puolivälissä
 - c. 1600-luvun lopulla
3. Mikä seuraavista vaihtoehtoista kuvaa parhaiten Hogarthin kaiverrusten sanomaa?
 - a. Gini paransi elämän laatua
 - b. Ginin suosio oli aiheuttanut muutoksen Lontoossa
 - c. Perinteisten olutkatujen oli aika muuttua ginikujiksi

4. Miksi paloviinan juonti yleistyi niin voimakkaasti?
 - a. Oluen valmistus kiellettiin sodan vuoksi
 - b. Englannin alkoholilainsäädäntö muuttui
 - c. Siitä tuli ylemmän luokan muotijuoma

ONGELMALLINEN TUTKIMUS ELINSIIRTOJEN HISTORIASTA

1. Mitä asiaa artikkelissa *ei* mainittu hidasteena elinsiirtojen historiassa?
 - a. Uskomuksia ihmiskehosta
 - b. Tulehduksien ja tautien pelkoa
 - c. Puutteellista tietomäärää
2. Milloin tehtiin ensimmäiset ihmisten väliset elinsiirrot?
 - a. 1950-luvulla
 - b. 1960-luvulla
 - c. 1970-luvulla
3. Minkä elinsiirron Björn Lindströmin ryhmä teki ensimmäisenä Suomessa?
 - a. Sydämen
 - b. Munuaisen
 - c. Keuhkojen
4. Mitä mieltä artikkelin tekijä on *Jatkettu elämä* -teoksen Huhtamiehen osuuden nefrologian, transplantaation ja munuaisensiirron historian tarkastelusta?
 - a. Ongelmaa käsitellään vain pinnallisesti
 - b. Tarkastelu on liian syvälinen ja vaikeatajuinen
 - c. Tarkastelussa olisi pitänyt käyttää pidempää aikajännettä

PAKO EGYPTISTÄ – AARONIN JÄLJILLÄ PETRASSA

1. Missä Aaronin kerrotaan kuolleen?
 - a. Horinvuorella
 - b. Mooseksen laaksossa
 - c. Petran kaupungissa
2. Minkä maalaisia olivat ensimmäiset länsimaiset kävijät Aaronin haudalla?
 - a. Suomalaisia
 - b. Amerikkalaisia
 - c. Brittiläisiä
3. Mitä tietoa Petran hiiltyneet papyrusrullat sisälsivät?
 - a. Varhaisimman maininnan Aaronin luostarista
 - b. Kertomuksen veden antamisesta Israelin kansalle
 - c. Maininnan islamilaisen pyhäkön rakentamisesta
4. Miksi juutalaisia ja kristittyjä pyhiinvaeltajia yritettiin pitää loitolla Aaronin haudalta?
 - a. He eivät kunnioittaneet muslimien pyhää aluetta
 - b. Heillä epäiltiin olevan tietoa faraon kulta-aarteesta

- c. He häiritsivät beduiinien normaalia elämää

RAMSES JA POJAT KUNINKAIDEN LAAKSOSSA

1. Milloin Ramses II:n poikien haudan todellinen koko selvisi?
 - a. 1990-luvulla
 - b. 1820-luvulla
 - c. 1960-luvulla
2. Mikä yliopisto artikkelissa mainitaan Theban tutkimusprojektin yhteydessä?
 - a. Helsingin yliopisto
 - b. Kairon amerikkalainen yliopisto
 - c. Luksorin yliopisto
3. Mitä seuraavista asioista artikkelissa *ei* mainita koskien Kuninkaiden laakson hautoja?
 - a. Useat haudat ovat nykyisin täysin tuhoutuneita
 - b. Yhdessä haudassa saattoi olla jopa yli sata kammiota
 - c. Melkein kaikki haudat ryöstettiin jo muinaisuudessa
4. Mitä temppelirelieffien perusteella voidaan päätellä Ramses II:n suhtautumisesta poikiinsa?
 - a. Hän oli ylpeä heistä
 - b. Hän oli välinpitämätön poikiaan kohtaan
 - c. Hän oli katkera pojille

SE PYÖRII SITTEENKIN – SUOMALAISIA KEKSIJÄORIGINELLEJA

5. Kenelle Pekka Viiliäinen esitteli sotavaunujensa piirustuksia?
 - a. Ruotsin kuninkaalle
 - b. Leonardo da Vincille
 - c. Venäjän keisarille
6. Minkälaisen kellon Könni kertomuksen mukaan teki Venäjän hoviin?
 - a. sormuskellon
 - b. kaappikellon
 - c. taskukellon
7. Mikä sanoma Könnin kuokkamies –tarinoilla voidaan tulkita olleen?
 - a. Kotimainen tuote on ulkomaista parempi
 - b. Nokkeluudella voi päihittää parempansa
 - c. Koneiden käyttö työn apuna on väärin
8. Mikä tarinan mukaan oli syynä Jylhän Aapon lennon epäonnistumiseen?
 - a. Toinen siipi repesi
 - b. Siipien sarana petti
 - c. Pyrstö oli liian pienikokoinen

C. NASA-TLX-lomake

KUORMITTAVUUSARVIOINTI

Arvioi 20-portaisilla asteikoilla mikä oli seuraavien osa-alueiden merkitys lukutehtäväsi suorituksessa.

A) Henkinen rasittavuus

Kuinka paljon henkistä työtä tarvittiin (esim. ajattelua, päätöksentekoa, muistamista, katselua, etsimistä)? Oliko tehtävä helppo vai vaativa, yksinkertainen vai monimutkainen?



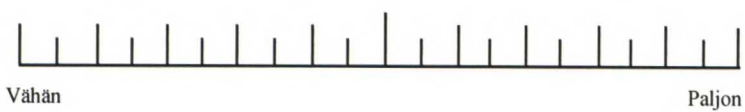
B) Suorituskyky

Kuinka tyytyväinen olit lukusuoritukseesi?



C) Vaivannäkö

Kuinka paljon sinun täytyi tehdä töitä lukusuorituksesi saavuttamiseksi?



D) Turhautuneisuus

Kuinka epävarmaksi, lannistuneeksi, ärtyneeksi, kiusaantuneeksi tai rasittuneeksi koit itsesi lukutehtävän aikana verrattuna varmaan, tyytyväiseen, itseluottavaiseen tai rentoutuneeseen?



D. Kuormittavuuden osa-aluiden vertailulomake

Valitse (ympyröi) seuraavista pareista se osapuoli, joka *näytötlukemistehtävässä* on merkittävämpi tekijä kokonaistyökuorman osalta (eli se tekijä, joka vaikuttaa enemmän työkuormaan).

- a. HENKINEN RASITTAVUUS / SUORITUSKYKY
- b. HENKINEN RASITTAVUUS / VAIVANNÄKÖ
- c. HENKINEN RASITTAVUUS / TURHAUTUNEISUUS
- d. SUORITUSKYKY / VAIVANNÄKÖ
- e. SUORITUSKYKY / TURHAUTUNEISUUS
- f. VAIVANNÄKÖ / TURHAUTUNEISUUS

E. Miellyttävyysarviointilomake

MIELLYTTÄVYYSARVIOINTI

1. Mikä seuraavista oli mielestäsi miellyttävin vaihtoehto tekstin lukemisessa?



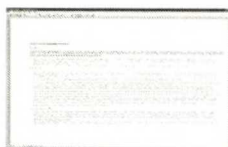
☐ Koko ruutu, aukeamanäkymä



☐ Koko ruutu, iso kirjainkoko



☐ Pienempi ikkuna



☐ Koko ruutu, pitkät rivit

☐ En osaa sanoa

2. Jos jatkuvassa käytössäsi olisi vastaava näyttö kuin testeissä, niin kuinka voisit kuvitella käyttäväsi sitä pitkäkköjen tekstien lukemiseen (voit rastittaa useampia)?

☐ Niin, että tekstiä näkyisi kerrallaan näytössä yhtä paljon kuin pienemmälläkin näytöllä, mutta tekstin fonttikoko olisi suurempi

☐ Niin, että tekstiä olisi näkyvissä enemmän kuin pienemmällä näytöllä (esim. teksti koko ruudun alueella, kuten yllä 1-kohdan neljäs vaihtoehto)

☐ Niin, että monta sivua tekstiä olisi samaan aikaan näkyvillä ruudussa (esim. aukeama kerrallaan, kuten yllä 1 kohdan ensimmäinen vaihtoehto)

☐ Niin, että teksti olisi näkyvissä osassa näyttöruutua ja muita ohjelmaikkunoita tms. muissa osissa ruutua

☐ En missään tapauksessa lukisi tekstiä ollenkaan näytöltä vaan tulostaisin sen paperille

☐ Jotenkin muuten, miten: _____

VIELÄ MUUTAMA KOKEESEEN LIITTYVÄ KYSYMYS...

3. Kuinka paljon keskimäärin tunsit kokeiden aikana seuraavia lukuväsymyksen oireita (asteikolla 1..5)?

- a) **päänsärky**

| | | | | | | |
|-------------|---|---|---|---|----------|--|
| en lainkaan | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 paljon | <input type="checkbox"/> en osaa sanoa |
|-------------|---|---|---|---|----------|--|
- b) **huimaus**

| | | | | | | |
|-------------|---|---|---|---|----------|--|
| en lainkaan | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 paljon | <input type="checkbox"/> en osaa sanoa |
|-------------|---|---|---|---|----------|--|
- c) **silmien rasitus**

| | | | | | | |
|-------------|---|---|---|---|----------|--|
| en lainkaan | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 paljon | <input type="checkbox"/> en osaa sanoa |
|-------------|---|---|---|---|----------|--|
- d) **väsymys**

| | | | | | | |
|-------------|---|---|---|---|----------|--|
| en lainkaan | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 paljon | <input type="checkbox"/> en osaa sanoa |
|-------------|---|---|---|---|----------|--|
- e) **pahoinvointi**

| | | | | | | |
|-------------|---|---|---|---|----------|--|
| en lainkaan | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 paljon | <input type="checkbox"/> en osaa sanoa |
|-------------|---|---|---|---|----------|--|
- f) **jokin muu oire, mikä _____**

| | | | | | | |
|-------------|---|---|---|---|----------|--|
| en lainkaan | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 paljon | <input type="checkbox"/> en osaa sanoa |
|-------------|---|---|---|---|----------|--|

4. Kuinka hankalalukuisiksi *sisällöltään* koit testeissä käytetyt seuraavat tekstimateriaalit?

- a) **Laaksonen: Se pyörii sittenkin – Suomalaisia keksijäoriginelleja**

| | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|--------------------|--|
| erittäin helppo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 erittäin hankala | <input type="checkbox"/> en osaa sanoa |
|-----------------|---|---|---|---|--------------------|--|
- b) **Michelsen: Ongelmallinen tutkimus elinsiirtojen historiasta**

| | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|--------------------|--|
| erittäin helppo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 erittäin hankala | <input type="checkbox"/> en osaa sanoa |
|-----------------|---|---|---|---|--------------------|--|
- c) **Niemi: Elämää jäässä ja jään tuntumassa**

| | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|--------------------|--|
| erittäin helppo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 erittäin hankala | <input type="checkbox"/> en osaa sanoa |
|-----------------|---|---|---|---|--------------------|--|
- d) **Rikala: Ramses ja pojat Kuninkaiden laaksossa**

| | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|--------------------|--|
| erittäin helppo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 erittäin hankala | <input type="checkbox"/> en osaa sanoa |
|-----------------|---|---|---|---|--------------------|--|

Muuta kommentoitavaa, huomioita, kritiikkiä tms.

KIITOS OSALLISTUMISESTASI!

F. Toisen osan artikkelien hankalukaisuuden arviointilomake

1. Kuinka hankalalukuisiksi *sisällöltään* koit testeissä käytetyt seuraavat tekstimateriaalit?
- a) **Frösen: Pako Egyptistä – Aaronin jäljillä Petrassa**
erittäin helppo 1 2 3 4 5 erittäin hankala ☐ en osaa sanoa
- b) **Heikura: Halpa gini ja sosiaalinen katastrofi 1700-luvun Lontoossa**
erittäin helppo 1 2 3 4 5 erittäin hankala ☐ en osaa sanoa
- c) **Laaksonen: Se pyörii sittenkin – Suomalaisia keksijäoriginelleja**
erittäin helppo 1 2 3 4 5 erittäin hankala ☐ en osaa sanoa
- d) **Niemi: Elämää jäässä ja jään tuntumassa**
erittäin helppo 1 2 3 4 5 erittäin hankala ☐ en osaa sanoa

LIITE 2. TESTEISSÄ KÄYTETTY LUKUMATERIAALI

| Teksti | Lähde | Sanoja testiosassa | Wiion luokkataso |
|---|---------------------------|--------------------|------------------|
| P. Laaksonen: Se pyörii sittenkin - Suomalaisia keksijäoriginelleja | Tieteessä tapahtuu 8/1997 | 1 137 | 8,4 |
| K. Michelsen: Ongelmallinen tutkimus elinsiirtojen historiasta | Tieteessä tapahtuu 4/1997 | 1 069 | 8,9 |
| Å. Niemi: Elämää jäässä ja jään tuntumassa | Tieteessä tapahtuu 2/1998 | 1 093 | 9,3 |
| M. Rikala: Ramses ja pojat Kuninkaiden laaksossa | Tieteessä tapahtuu 2/1998 | 1 128 | 9,1 |
| MATALARESOLUUTIOTESTIEN LISÄARTIKKELIT | | | |
| Frösen: Pako Egyptistä - Aaronin jäljillä Petrassa | Tieteessä tapahtuu 8/1997 | 1 108 | 8,8 |
| Heikura: Halpa gini ja sosiaalinen katastrofi 1700-luvun Lontoossa | Tieteessä tapahtuu 5/2003 | 1 113 | 8,6 |
| Keskiarvo | | 1 108,00 | 8,85 |

LIITE 3. KOEHENKILÖIDEN TAUSTATIEDOT

| Kysymys | Henkilö | | | * | | | | | 1.osan ka |
|------------|---------|-----|----|-----|----|----|-----|----|--------------|
| | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | |
| 1 | 28 | 25 | 24 | 25 | 24 | 25 | 30 | 27 | 26,00 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 4 a) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 4 b) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,13 |
| 5 a) | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | |
| 5 b) | 1 | 1 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | |
| 5 c) | --- | --- | 1 | --- | 1 | 3 | --- | 2 | |
| 6 a) | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3,63 |
| 6 b) | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3,38 |
| silmälasit | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | |

| Kysymys | 09 | 10 | 11 | kaikkien | | min | max | 2. osan ka |
|------------|-----|----|----|----------|---------|-----|-----|---------------|
| | | | | ka | hajonta | | | |
| 1 | 25 | 23 | 22 | 25,27 | 2,28 | 22 | 30 | 23,50 |
| 2 | 1 | 2 | 1 | | | | | |
| 3 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 4 a) | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 4 b) | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 5 a) | 1 | 1 | 1 | 1,09 | 0,30 | 1 | 2 | 1,00 |
| 5 b) | 2 | 3 | 3 | 2,55 | 1,04 | 1 | 4 | 3,00 |
| 5 c) | --- | 3 | 2 | 2,00 | 0,89 | 1 | 3 | 2,00 |
| 6 a) | 3 | 3 | 2 | 3,36 | 0,92 | 2 | 5 | 3,00 |
| 6 b) | 3 | 3 | 3 | 3,27 | 0,65 | 2 | 4 | 3,00 |
| silmälasit | 0 | 0 | 0 | | | | | |

* = osallistui myös 2. osan testeihin

| henkilö | Koe 1 | | Koe 2 | | Koe 3 | | Koe 4 | |
|---------|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|
| 03 | C | 1 | D | 3 | IT | 5 | IK | 6 |
| 09 | D | 1 | IK | 3 | C | 5 | IT | 6 |
| 10 | IT | 1 | C | 3 | IK | 5 | D | 6 |
| 11 | IK | 1 | IT | 3 | D | 5 | C | 6 |

LIITE 5: TULOSTEN TILASTOLLISET ANALYYSIT

A. Testien ensimmäinen osa

Lukunopeus

Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F-Ratio | Prob Level | Power (Alpha=0,05) |
|------------------|----|----------------|-------------|---------|------------|--------------------|
| Term | | | | | | |
| A: henkilo | 7 | 96713,92 | 13816,27 | | | |
| B: asetelma | 3 | 2011,236 | 670,4121 | 1,91 | 0,159655 | 0,421123 |
| AB | 21 | 7388,396 | 351,8284 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 31 | 106113,6 | | | | |
| Total | 32 | | | | | |

* Term significant at alpha = 0,05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source | DF | F-Ratio | Regular Prob Level | Lower Bound Epsilon Prob Level | Geisser Greenhouse Epsilon Prob Level | Huynh Feldt Epsilon Prob Level |
|-------------|----|---------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Term | | | | | | |
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 1,91 | 0,159655 | 0,209932 | 0,176274 | 0,159655 |
| AB | 21 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| Source | DF | F-Ratio | Regular Power (Alpha=0,05) | Lower Bound Epsilon Power (Alpha=0,05) | Geisser Greenhouse Epsilon Power (Alpha=0,05) | Huynh Feldt Epsilon Power (Alpha=0,05) |
|-------------|----|---------|----------------------------|--|---|--|
| Term | | | | | | |
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 1,91 | 0,421123 | 0,223394 | 0,361750 | 0,421123 |
| AB | 21 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source | Lower Bound Epsilon | Geisser Greenhouse Epsilon | Huynh Feldt Epsilon | Mauchly Test Statistic | Chi2 Value | DF | Prob Level | Covariance Matrix Circularity? |
|--------|---------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|------------|-----|------------|--------------------------------|
| Term | | | | | | | | |
| AB | 0,333333 | 0,780729 | 1,000000 | 0,520205 | 3,7 | 5,0 | 0,587474 | Okay |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

Luetun ymmärtäminen

Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F-Ratio | Prob Level | Power (Alpha=0,05) |
|-------------|----|----------------|--------------|---------|------------|--------------------|
| Term | | | | | | |
| A: henkilo | 7 | 0,6854622 | 9,792317E-02 | | | |
| B: asetelma | 3 | 0,1613923 | 5,379744E-02 | 1,76 | 0,185230 | 0,391935 |
| AB | 21 | 0,6411464 | 3,053078E-02 | | | |

| | | |
|------------------|----|----------|
| S | 0 | |
| Total (Adjusted) | 31 | 1,488001 |
| Total | 32 | |

* Term significant at alpha = 0,05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source | | | Regular | Lower | Geisser | Huynh |
|-------------|----|---------|----------|----------|------------|----------|
| Term | DF | F-Ratio | Prob | Bound | Greenhouse | Feldt |
| | | | Level | Epsilon | Epsilon | Epsilon |
| | | | | Prob | Prob | Prob |
| | | | | Level | Level | Level |
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 1,76 | 0,185230 | 0,226020 | 0,206301 | 0,186635 |
| AB | 21 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| Source | | | Regular | Lower | Geisser | Huynh |
|-------------|----|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Term | DF | F-Ratio | Power | Bound | Greenhouse | Feldt |
| | | | (Alpha=0,05) | Epsilon | Epsilon | Epsilon |
| | | | | Power | Power | Power |
| | | | | (Alpha=0,05) | (Alpha=0,05) | (Alpha=0,05) |
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 1,76 | 0,391935 | 0,210186 | 0,312424 | 0,386742 |
| AB | 21 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source | Lower | Geisser | Huynh | Mauchly | Chi2 | | | Covariance |
|--------|----------|------------|----------|-----------|-------|-----|----------|--------------|
| Term | Bound | Greenhouse | Feldt | Test | Value | DF | Prob | Matrix |
| | Epsilon | Epsilon | Epsilon | Statistic | | | Level | Circularity? |
| AB | 0,333333 | 0,687351 | 0,978574 | 0,399697 | 5,2 | 5,0 | 0,386421 | Okay |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

Lukuteho

Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source | | Sum of | Mean | | Prob | Power |
|------------------|----|----------|----------|---------|----------|--------------|
| Term | DF | Squares | Square | F-Ratio | Level | (Alpha=0,05) |
| A: henkilo | 7 | 77373,25 | 11053,32 | | | |
| B: asetelma | 3 | 3957,878 | 1319,293 | 1,08 | 0,379778 | 0,249464 |
| AB | 21 | 25695,54 | 1223,597 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 31 | 107026,7 | | | | |
| Total | 32 | | | | | |

* Term significant at alpha = 0,05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source | | | Regular | Lower | Geisser | Huynh |
|-------------|----|---------|----------|----------|------------|----------|
| Term | DF | F-Ratio | Prob | Bound | Greenhouse | Feldt |
| | | | Level | Epsilon | Epsilon | Epsilon |
| | | | | Prob | Prob | Prob |
| | | | | Level | Level | Level |
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 1,08 | 0,379778 | 0,333630 | 0,368081 | 0,379313 |
| AB | 21 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| Source Term | DF | F-Ratio | Regular Power (Alpha=0,05) | Lower Bound Epsilon Power (Alpha=0,05) | Geisser Greenhouse Epsilon Power (Alpha=0,05) | Huynh Feldt Epsilon Power (Alpha=0,05) |
|-------------|----|---------|-------------------------------|---|--|---|
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 1,08 | 0,249464 | 0,147090 | 0,204772 | 0,247022 |
| AB | 21 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source Term | Lower Bound Epsilon | Geisser Greenhouse Epsilon | Huynh Feldt Epsilon | Mauchly Test Statistic | Chi2 Value | DF | Prob Level | Covariance Matrix Circularity? |
|-------------|---------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|------------|-----|------------|--------------------------------|
| AB | 0,333333 | 0,689080 | 0,982406 | 0,353018 | 6,0 | 5,0 | 0,310309 | Okay |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

NASA-TLX

Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source Term | DF | Sum of Squares | Mean Square | F-Ratio | Prob Level | Power (Alpha=0,05) |
|------------------|----|----------------|-------------|---------|------------|--------------------|
| A: henkilo | 7 | 29,99363 | 4,284804 | | | |
| B: asetelma | 3 | 28,10756 | 9,369186 | 1,65 | 0,207967 | 0,369038 |
| AB | 21 | 119,1746 | 5,67498 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 31 | 177,2758 | | | | |
| Total | 32 | | | | | |

* Term significant at alpha = 0,05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source Term | DF | F-Ratio | Regular Prob Level | Lower Bound Epsilon Prob Level | Geisser Greenhouse Epsilon Prob Level | Huynh Feldt Epsilon Prob Level |
|-------------|----|---------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 1,65 | 0,207967 | 0,239708 | 0,235450 | 0,230450 |
| AB | 21 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| Source Term | DF | F-Ratio | Regular Power (Alpha=0,05) | Lower Bound Epsilon Power (Alpha=0,05) | Geisser Greenhouse Epsilon Power (Alpha=0,05) | Huynh Feldt Epsilon Power (Alpha=0,05) |
|-------------|----|---------|-------------------------------|---|--|---|
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 1,65 | 0,369038 | 0,199937 | 0,246269 | 0,273821 |
| AB | 21 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source Term | Lower Bound Epsilon | Geisser Greenhouse Epsilon | Huynh Feldt Epsilon | Mauchly Test Statistic | Chi2 Value | DF | Prob Level | Covariance Matrix Circularity? |
|-------------|---------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|------------|-----|------------|--------------------------------|
| AB | 0,333333 | 0,498892 | 0,604085 | 0,176117 | 9,9 | 5,0 | 0,077033 | Violated |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

Räpytystiheys
Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source | | Sum of | Mean | | Prob | Power |
|------------------|----|----------|----------|---------|----------|--------------|
| Term | DF | Squares | Square | F-Ratio | Level | (Alpha=0,05) |
| A: hlo | 5 | 1180,078 | 236,0156 | | | |
| B: asetelma_2 | 3 | 44,5017 | 14,8339 | 2,83 | 0,074024 | 0,558666 |
| AB | 15 | 78,67476 | 5,244984 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 23 | 1303,254 | | | | |
| Total | 24 | | | | | |

* Term significant at alpha = 0,05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source | | | Regular | Lower | Geisser | Huynh |
|---------------|----|---------|----------|----------|------------|----------|
| Term | DF | F-Ratio | Prob | Bound | Greenhouse | Feldt |
| | | | Level | Epsilon | Epsilon | Epsilon |
| | | | | Prob | Prob | Prob |
| | | | | Level | Level | Level |
| A: hlo | 5 | | | | | |
| B: asetelma_2 | 3 | 2,83 | 0,074024 | 0,153449 | 0,127431 | 0,105536 |
| AB | 15 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| Source | | | Regular | Lower | Geisser | Huynh |
|---------------|----|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Term | DF | F-Ratio | Power | Bound | Greenhouse | Feldt |
| | | | (Alpha=0,05) | Epsilon | Epsilon | Epsilon |
| | | | | Power | Power | Power |
| | | | | (Alpha=0,05) | (Alpha=0,05) | (Alpha=0,05) |
| A: hlo | 5 | | | | | |
| B: asetelma_2 | 3 | 2,83 | 0,558666 | 0,277912 | 0,359855 | 0,434493 |
| AB | 15 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source | Lower | Geisser | Huynh | Mauchly | Chi2 | | | Covariance |
|--------|----------|------------|----------|-----------|-------|-----|----------|--------------|
| Term | Bound | Greenhouse | Feldt | Test | Value | DF | Prob | Matrix |
| | Epsilon | Epsilon | Epsilon | Statistic | | | Level | Circularity? |
| AB | 0,333333 | 0,502864 | 0,673228 | 0,011860 | 16,5 | 5,0 | 0,005538 | Violated |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

Sykevaihtelun 0,1 Hz:n teho
Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source | | Sum of | Mean | | Prob | Power |
|------------------|----|----------|----------|---------|----------|--------------|
| Term | DF | Squares | Square | F-Ratio | Level | (Alpha=0,05) |
| A: henkilo | 7 | 1416771 | 202395,9 | | | |
| B: asetelma | 3 | 5698,844 | 1899,615 | 0,16 | 0,924411 | 0,074128 |
| AB | 21 | 255137,1 | 12149,38 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 31 | 1677607 | | | | |

Total 32
* Term significant at alpha = 0,05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source | | | Regular | Lower | Geisser | Huynh |
|-------------|----|---------|----------|----------|------------|----------|
| Term | DF | F-Ratio | Prob | Bound | Greenhouse | Feldt |
| | | | Level | Epsilon | Epsilon | Epsilon |
| | | | | Prob | Prob | Prob |
| | | | | Level | Level | Level |
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 0,16 | 0,924411 | 0,704309 | 0,898149 | 0,924411 |
| AB | 21 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| Source | | | Regular | Lower | Geisser | Huynh |
|-------------|----|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Term | DF | F-Ratio | Power | Bound | Greenhouse | Feldt |
| | | | (Alpha=0,05) | Epsilon | Epsilon | Epsilon |
| | | | | Power | Power | Power |
| | | | | (Alpha=0,05) | (Alpha=0,05) | (Alpha=0,05) |
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 0,16 | 0,074128 | 0,063690 | 0,072081 | 0,074128 |
| AB | 21 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source | Lower | Geisser | Huynh | Mauchly | Chi2 | | Prob | Covariance |
|--------|----------|------------|----------|-----------|-------|-----|----------|--------------|
| Term | Bound | Greenhouse | Feldt | Test | Value | DF | Level | Matrix |
| | Epsilon | Epsilon | Epsilon | Statistic | | | | Circularity? |
| AB | 0,333333 | 0,841098 | 1,000000 | 0,766612 | 1,5 | 5,0 | 0,910655 | Okay |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

pNN50

Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source | | Sum of | Mean | | Prob | Power |
|------------------|----|----------|----------|---------|----------|--------------|
| Term | DF | Squares | Square | F-Ratio | Level | (Alpha=0.05) |
| A: henkilo | 7 | 2118.377 | 302.6253 | | | |
| B: asetelma | 3 | 19.94947 | 6.649824 | 0.23 | 0.875909 | 0.085908 |
| AB | 21 | 612.7405 | 29.17812 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 31 | 2751.067 | | | | |
| Total | 32 | | | | | |

* Term significant at alpha = 0.05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source | | | Regular | Lower | Geisser | Huynh |
|-------------|----|---------|----------|----------|------------|----------|
| Term | DF | F-Ratio | Prob | Bound | Greenhouse | Feldt |
| | | | Level | Epsilon | Epsilon | Epsilon |
| | | | | Prob | Prob | Prob |
| | | | | Level | Level | Level |
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 0.23 | 0.875909 | 0.647628 | 0.775272 | 0.831473 |
| AB | 21 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

Lower Geisser Huynh

| Source | | | Regular | Bound | Greenhouse | Feldt |
|-------------|----|---------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Term | DF | F-Ratio | Power (Alpha=0.05) | Epsilon Power (Alpha=0.05) | Epsilon Power (Alpha=0.05) | Epsilon Power (Alpha=0.05) |
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 0.23 | 0.085908 | 0.070012 | 0.077241 | 0.081533 |
| AB | 21 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source | Lower | Geisser | Huynh | Mauchly | Chi2 | | Prob | Covariance |
|--------|----------|------------|----------|-----------|-------|-----|----------|--------------|
| Term | Bound | Greenhouse | Feldt | Test | Value | DF | Level | Matrix |
| | Epsilon | Epsilon | Epsilon | Statistic | | | | Circularity? |
| AB | 0.333333 | 0.594619 | 0.784159 | 0.310981 | 6.7 | 5.0 | 0.245247 | Okay |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

Miellyttävyysarviointi

Frequency Table Report

Frequency Distribution of asetelma

| asetelma | Count | Cumulative Count | Percent | Cumulative Percent | Graph of Percent |
|--------------|-------|---------------------|---------|-----------------------|---------------------|
| aukeama | 2 | 2 | 25.00 | 25.00 | |
| ikkuna | 3 | 5 | 37.50 | 62.50 | |
| iso teksti | 3 | 8 | 37.50 | 100.00 | |
| pitkat rivit | 0 | 8 | 0.00 | 100.00 | |

Multinomial Test of asetelma

| asetelma | Count | Expected Count | Actual Percent | Expected Percent | Chi-Square Amount |
|--------------|-------|-------------------|-------------------|---------------------|----------------------|
| aukeama | 2 | 2.00 | 25.00 | 25.00 | 0.0000 |
| ikkuna | 3 | 2.00 | 37.50 | 25.00 | 0.5000 |
| iso teksti | 3 | 2.00 | 37.50 | 25.00 | 0.5000 |
| pitkat rivit | 0 | 2.00 | 0.00 | 25.00 | 2.0000 |

Chi-Square = 3.0000 with df = 3 Probability Level = 0.391625

Artikkelien hankalalukuisuus

Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source | | Sum of | Mean | | Prob | Power |
|------------------|----|----------|-----------|---------|-----------|--------------|
| Term | DF | Squares | Square | F-Ratio | Level | (Alpha=0.05) |
| A: henkilo | 7 | 2.648215 | 0.3783164 | | | |
| B: artikkeli | 3 | 7.899261 | 2.633087 | 5.24 | 0.007384* | 0.871362 |
| AB | 21 | 10.548 | 0.5022858 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 31 | 21.09548 | | | | |
| Total | 32 | | | | | |

* Term significant at alpha = 0.05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source | | | Regular | Lower | Geisser | Huynh |
|--------------|----|---------|---------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|
| Term | DF | F-Ratio | Prob Level | Bound Epsilon Prob Level | Greenhouse Epsilon Prob Level | Feldt Epsilon Prob Level |
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: artikkeli | 3 | 5.24 | 0.007384* | 0.055842 | 0.019459* | 0.008499* |

| | |
|----|----|
| AB | 21 |
| S | 0 |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| Source | | | Regular | Lower | Geisser | Huynh |
|--------------|----|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Term | DF | F-Ratio | Power | Bound | Greenhouse | Feldt |
| | | | (Alpha=0.05) | Epsilon | Epsilon | Epsilon |
| | | | | Power | Power | Power |
| | | | | (Alpha=0.05) | (Alpha=0.05) | (Alpha=0.05) |
| A: henkilo | 7 | | | | | |
| B: artikkele | 3 | 5.24 | 0.871362 | 0.505480 | 0.744855 | 0.857362 |
| AB | 21 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source | Lower | Geisser | Huynh | Mauchly | Chi2 | | Prob | Covariance |
|--------|----------|------------|----------|-----------|-------|-----|----------|--------------|
| Term | Bound | Greenhouse | Feldt | Test | Value | DF | Level | Matrix |
| | Epsilon | Epsilon | Epsilon | Statistic | | | | Circularity? |
| AB | 0.333333 | 0.675439 | 0.952382 | 0.314363 | 6.6 | 5.0 | 0.250321 | Okay |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

B. Testien toinen osa

Lukunopeus

Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source | | Sum of | Mean | | Prob | Power |
|------------------|----|----------|----------|---------|----------|--------------|
| Term | DF | Squares | Square | F-Ratio | Level | (Alpha=0.05) |
| A: henkilo | 3 | 7412.994 | 2470.998 | | | |
| B: resoluutio | 1 | 21.66321 | 21.66321 | 0.20 | 0.687932 | 0.061988 |
| AB | 3 | 331.5488 | 110.5163 | | | |
| C: aset | 1 | 17.91427 | 17.91427 | 0.23 | 0.663927 | 0.064105 |
| AC | 3 | 233.0672 | 77.68905 | | | |
| BC | 1 | 3.426108 | 3.426108 | 0.13 | 0.744123 | 0.057831 |
| ABC | 3 | 80.24484 | 26.74828 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 15 | 8100.858 | | | | |
| Total | 16 | | | | | |

* Term significant at alpha = 0.05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source | | | Regular | Lower | Geisser | Huynh |
|---------------|----|---------|----------|----------|------------|----------|
| Term | DF | F-Ratio | Prob | Bound | Greenhouse | Feldt |
| | | | Level | Epsilon | Epsilon | Epsilon |
| | | | | Prob | Prob | Prob |
| | | | | Level | Level | Level |
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 0.20 | 0.687932 | 0.687932 | 0.687932 | 0.687932 |
| AB | 3 | | | | | |
| C: aset | 1 | 0.23 | 0.663927 | 0.663927 | 0.663927 | 0.663927 |
| AC | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 0.13 | 0.744123 | 0.744123 | 0.744123 | 0.744123 |
| ABC | 3 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| | Lower | Geisser | Huynh |
|--|-------|---------|-------|
|--|-------|---------|-------|

| Source | | | Regular | Bound | Greenhouse | Feldt |
|---------------|----|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Term | DF | F-Ratio | Power | Epsilon | Epsilon | Epsilon |
| | | | (Alpha=0.05) | (Alpha=0.05) | (Alpha=0.05) | (Alpha=0.05) |
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 0.20 | 0.061988 | 0.061988 | 0.061988 | 0.061988 |
| AB | 3 | | | | | |
| C: aset | 1 | 0.23 | 0.064105 | 0.064105 | 0.064105 | 0.064105 |
| AC | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 0.13 | 0.057831 | 0.057831 | 0.057831 | 0.057831 |
| ABC | 3 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source | Lower | Geisser | Huynh | Mauchly | | | | Covariance |
|--------|----------|------------|----------|-----------|-------|-----|----------|--------------|
| Term | Bound | Greenhouse | Feldt | Test | Chi2 | DF | Prob | Matrix |
| | Epsilon | Epsilon | Epsilon | Statistic | Value | | Level | Circularity? |
| AB | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| AC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| ABC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

Luetun ymmärtäminen

Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source | | | | | | | |
|------------------|----|--------------|--------------|---------|----------|--------------|--|
| Term | DF | Sum of | Mean | F-Ratio | Prob | Power | |
| | | Squares | Square | | Level | (Alpha=0.05) | |
| A: henkilo | 3 | 0.1163243 | 3.877477E-02 | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 1.564375E-02 | 1.564375E-02 | 0.47 | 0.543788 | 0.078539 | |
| AB | 3 | 0.1006931 | 3.356435E-02 | | | | |
| C: aset | 1 | 1.563125E-02 | 1.563125E-02 | 1.50 | 0.308068 | 0.141810 | |
| AC | 3 | 0.0312625 | 1.042083E-02 | | | | |
| BC | 1 | 8.507431E-02 | 8.507431E-02 | 1.79 | 0.272978 | 0.159595 | |
| ABC | 3 | 0.1423431 | 4.744769E-02 | | | | |
| S | 0 | | | | | | |
| Total (Adjusted) | 15 | 0.5069723 | | | | | |
| Total | 16 | | | | | | |

* Term significant at alpha = 0.05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source | | | | Lower | Geisser | Huynh |
|---------------|----|---------|----------|----------|------------|----------|
| Term | DF | F-Ratio | Regular | Bound | Greenhouse | Feldt |
| | | | Prob | Epsilon | Epsilon | Epsilon |
| | | | Level | Prob | Prob | Prob |
| | | | Level | Level | Level | Level |
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 0.47 | 0.543788 | 0.543788 | 0.543788 | 0.543788 |
| AB | 3 | | | | | |
| C: aset | 1 | 1.50 | 0.308068 | 0.308068 | 0.308068 | 0.308068 |
| AC | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 1.79 | 0.272978 | 0.272978 | 0.272978 | 0.272978 |
| ABC | 3 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| | Regular | Lower | Geisser | Huynh |
|--|---------|---------|------------|---------|
| | | Bound | Greenhouse | Feldt |
| | | Epsilon | Epsilon | Epsilon |

| Source Term | DF | F-Ratio | Power (Alpha=0.05) | Power (Alpha=0.05) | Power (Alpha=0.05) | Power (Alpha=0.05) |
|---------------|----|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 0.47 | 0.078539 | 0.078539 | 0.078539 | 0.078539 |
| AB | 3 | | | | | |
| C: aset | 1 | 1.50 | 0.141810 | 0.141810 | 0.141810 | 0.141810 |
| AC | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 1.79 | 0.159595 | 0.159595 | 0.159595 | 0.159595 |
| ABC | 3 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source Term | Lower Bound Epsilon | Geisser Greenhouse Epsilon | Huynh Feldt Epsilon | Mauchly Test Statistic | Chi2 Value | DF | Prob Level | Covariance Matrix Circularity? |
|-------------|---------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|------------|-----|------------|--------------------------------|
| AB | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| AC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| ABC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

Lukuteho

Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source Term | DF | Sum of Squares | Mean Square | F-Ratio | Prob Level | Power (Alpha=0.05) |
|------------------|----|----------------|-------------|---------|------------|--------------------|
| A: henkilo | 3 | 3294.254 | 1098.085 | | | |
| B: resoluutio | 1 | 267.0906 | 267.0906 | 0.67 | 0.471702 | 0.091317 |
| AB | 3 | 1188.121 | 396.0405 | | | |
| C: aset | 1 | 366.1199 | 366.1199 | 1.83 | 0.269181 | 0.161757 |
| AC | 3 | 600.6047 | 200.2016 | | | |
| BC | 1 | 1197.351 | 1197.351 | 1.55 | 0.302087 | 0.144587 |
| ABC | 3 | 2323.99 | 774.6635 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 15 | 9237.532 | | | | |
| Total | 16 | | | | | |

* Term significant at alpha = 0.05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source Term | DF | F-Ratio | Regular Prob Level | Lower Bound Epsilon Prob Level | Geisser Greenhouse Epsilon Prob Level | Huynh Feldt Epsilon Prob Level |
|---------------|----|---------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 0.67 | 0.471702 | 0.471702 | 0.471702 | 0.471702 |
| AB | 3 | | | | | |
| C: aset | 1 | 1.83 | 0.269181 | 0.269181 | 0.269181 | 0.269181 |
| AC | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 1.55 | 0.302087 | 0.302087 | 0.302087 | 0.302087 |
| ABC | 3 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| Source Term | DF | F-Ratio | Regular Power (Alpha=0.05) | Lower Bound Epsilon Power (Alpha=0.05) | Geisser Greenhouse Epsilon Power (Alpha=0.05) | Huynh Feldt Epsilon Power (Alpha=0.05) |
|---------------|----|---------|----------------------------|--|---|--|
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 0.67 | 0.091317 | 0.091317 | 0.091317 | 0.091317 |
| AB | 3 | | | | | |
| C: aset | 1 | 1.83 | 0.161757 | 0.161757 | 0.161757 | 0.161757 |
| AC | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 1.55 | 0.144587 | 0.144587 | 0.144587 | 0.144587 |
| ABC | 3 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

| | | | | | | |
|---------------|---|------|----------|----------|----------|----------|
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 0.67 | 0.091317 | 0.091317 | 0.091317 | 0.091317 |
| AB | 3 | | | | | |
| C: aset | 1 | 1.83 | 0.161757 | 0.161757 | 0.161757 | 0.161757 |
| AC | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 1.55 | 0.144587 | 0.144587 | 0.144587 | 0.144587 |
| ABC | 3 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source | Lower Bound | Geisser Greenhouse | Huynh Feldt | Mauchly Test | Chi2 Value | DF | Prob Level | Covariance Matrix Circularity? |
|--------|-------------|--------------------|-------------|--------------|------------|-----|------------|--------------------------------|
| Term | Epsilon | Epsilon | Epsilon | Statistic | | | | |
| AB | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| AC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| ABC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

NASA-TLX

Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F-Ratio | Prob Level | Power (Alpha=0.05) |
|------------------|----|----------------|-------------|---------|------------|--------------------|
| Term | | | | | | |
| A: henkilo | 3 | 6.254085 | 2.084695 | | | |
| B: resoluutio | 1 | 14.35216 | 14.35216 | 10.71 | 0.046687* | 0.599029 |
| AB | 3 | 4.020334 | 1.340111 | | | |
| C: aset | 1 | 1.399903 | 1.399903 | 1.01 | 0.388910 | 0.111898 |
| AC | 3 | 4.157426 | 1.385809 | | | |
| BC | 1 | 9.575775 | 9.575775 | 4.51 | 0.123874 | 0.316752 |
| ABC | 3 | 6.376041 | 2.125347 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 15 | 46.13573 | | | | |
| Total | 16 | | | | | |

* Term significant at alpha = 0.05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source | DF | F-Ratio | Regular Prob Level | Lower Bound Epsilon Prob Level | Geisser Greenhouse Epsilon Prob Level | Huynh Feldt Epsilon Prob Level |
|---------------|----|---------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Term | | | | | | |
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 10.71 | 0.046687* | 0.046687* | 0.046687* | 0.046687* |
| AB | 3 | | | | | |
| C: aset | 1 | 1.01 | 0.388910 | 0.388910 | 0.388910 | 0.388910 |
| AC | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 4.51 | 0.123874 | 0.123874 | 0.123874 | 0.123874 |
| ABC | 3 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| Source | DF | F-Ratio | Regular Power (Alpha=0.05) | Lower Bound Epsilon Power (Alpha=0.05) | Geisser Greenhouse Epsilon Power (Alpha=0.05) | Huynh Feldt Epsilon Power (Alpha=0.05) |
|---------------|----|---------|----------------------------|--|---|--|
| Term | | | | | | |
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 10.71 | 0.599029 | 0.599029 | 0.599029 | 0.599029 |

| | | | | | | |
|---------|---|------|----------|----------|----------|----------|
| AB | 3 | | | | | |
| C: aset | 1 | 1.01 | 0.111898 | 0.111898 | 0.111898 | 0.111898 |
| AC | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 4.51 | 0.316752 | 0.316752 | 0.316752 | 0.316752 |
| ABC | 3 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source | Lower Bound | Geisser Greenhouse | Huynh Feldt | Mauchly Test | Chi2 Value | DF | Prob Level | Covariance Matrix Circularity? |
|--------|-------------|--------------------|-------------|--------------|------------|-----|------------|--------------------------------|
| Term | Epsilon | Epsilon | Epsilon | Statistic | | | | |
| AB | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| AC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| ABC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

Räpytystiheys

Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F-Ratio | Prob Level | Power (Alpha=0.05) |
|------------------|----|----------------|--------------|---------|------------|--------------------|
| Term | | | | | | |
| A: rap_hlo | 2 | 164.2416 | 82.12079 | | | |
| B: rap_reso | 1 | 0.6953823 | 0.6953823 | 0.27 | 0.653629 | 0.062544 |
| AB | 2 | 5.100777 | 2.550389 | | | |
| C: rap_aset | 1 | 6.584527E-026 | 6.584527E-02 | 0.02 | 0.901569 | 0.050906 |
| AC | 2 | 6.730214 | 3.365107 | | | |
| BC | 1 | 2.9999 | 2.9999 | 0.66 | 0.501159 | 0.080194 |
| ABC | 2 | 9.055511 | 4.527756 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 11 | 188.8892 | | | | |
| Total | 12 | | | | | |

* Term significant at alpha = 0.05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source | DF | F-Ratio | Regular Prob Level | Lower Bound Epsilon Prob Level | Geisser Greenhouse Epsilon Prob Level | Huynh Feldt Epsilon Prob Level |
|-------------|----|---------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Term | | | | | | |
| A: rap_hlo | 2 | | | | | |
| B: rap_reso | 1 | 0.27 | 0.653629 | 0.653629 | 0.653629 | 0.653629 |
| AB | 2 | | | | | |
| C: rap_aset | 1 | 0.02 | 0.901569 | 0.901569 | 0.901569 | 0.901569 |
| AC | 2 | | | | | |
| BC | 1 | 0.66 | 0.501159 | 0.501159 | 0.501159 | 0.501159 |
| ABC | 2 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| Source | DF | F-Ratio | Regular Power (Alpha=0.05) | Lower Bound Epsilon Power (Alpha=0.05) | Geisser Greenhouse Epsilon Power (Alpha=0.05) | Huynh Feldt Epsilon Power (Alpha=0.05) |
|-------------|----|---------|----------------------------|--|---|--|
| Term | | | | | | |
| A: rap_hlo | 2 | | | | | |
| B: rap_reso | 1 | 0.27 | 0.062544 | 0.062544 | 0.062544 | 0.062544 |
| AB | 2 | | | | | |
| C: rap_aset | 1 | 0.02 | 0.050906 | 0.050906 | 0.050906 | 0.050906 |

| | | | | | | |
|-----|---|------|----------|----------|----------|----------|
| AC | 2 | | | | | |
| BC | 1 | 0.66 | 0.080194 | 0.080194 | 0.080194 | 0.080194 |
| ABC | 2 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source Term | Lower Bound Epsilon | Geisser Greenhouse Epsilon | Huynh Feldt Epsilon | Mauchly Test Statistic | Chi2 Value | DF | Prob Level | Covariance Matrix Circularity? |
|-------------|---------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|------------|-----|------------|--------------------------------|
| AB | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| AC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| ABC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

Sykevaihtelun 0.1 Hz:n teho
Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source Term | DF | Sum of Squares | Mean Square | F-Ratio | Prob Level | Power (Alpha=0.05) |
|------------------|----|----------------|-------------|---------|------------|--------------------|
| A: henkilo | 3 | 310681.5 | 103560.5 | | | |
| B: resoluutio | 1 | 68644 | 68644 | 6.10 | 0.090034 | 0.400502 |
| AB | 3 | 33743.88 | 11247.96 | | | |
| C: aset | 1 | 400 | 400 | 0.01 | 0.913451 | 0.050852 |
| AC | 3 | 86033.88 | 28677.96 | | | |
| BC | 1 | 32041 | 32041 | 0.30 | 0.622248 | 0.068330 |
| ABC | 3 | 320884.3 | 106961.4 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 15 | 852428.5 | | | | |
| Total | 16 | | | | | |

* Term significant at alpha = 0.05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source Term | DF | F-Ratio | Regular Prob Level | Lower Bound Epsilon Prob Level | Geisser Greenhouse Epsilon Prob Level | Huynh Feldt Epsilon Prob Level |
|---------------|----|---------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 6.10 | 0.090034 | 0.090034 | 0.090034 | 0.090034 |
| AB | 3 | | | | | |
| C: aset | 1 | 0.01 | 0.913451 | 0.913451 | 0.913451 | 0.913451 |
| AC | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 0.30 | 0.622248 | 0.622248 | 0.622248 | 0.622248 |
| ABC | 3 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| Source Term | DF | F-Ratio | Regular Power (Alpha=0.05) | Lower Bound Epsilon Power (Alpha=0.05) | Geisser Greenhouse Epsilon Power (Alpha=0.05) | Huynh Feldt Epsilon Power (Alpha=0.05) |
|---------------|----|---------|----------------------------|--|---|--|
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 6.10 | 0.400502 | 0.400502 | 0.400502 | 0.400502 |
| AB | 3 | | | | | |
| C: aset | 1 | 0.01 | 0.050852 | 0.050852 | 0.050852 | 0.050852 |
| AC | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 0.30 | 0.068330 | 0.068330 | 0.068330 | 0.068330 |

| | |
|-----|---|
| ABC | 3 |
| S | 0 |

| Covariance Matrix Circularity Section | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------|------------|-----|------------|--------------------------------|
| Source | Lower Bound | Geisser Greenhouse | Huynh Feldt | Mauchly Test | Chi2 Value | DF | Prob Level | Covariance Matrix Circularity? |
| Term | Epsilon | Epsilon | Epsilon | Statistic | | | | |
| AB | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| AC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| ABC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

pNN50

Repeated Measures ANOVA Report

| Analysis of Variance Table | | | | | | |
|----------------------------|----|----------------|-------------|---------|------------|--------------------|
| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F-Ratio | Prob Level | Power (Alpha=0.05) |
| Term | | | | | | |
| A: henkilo | 3 | 376.8614 | 125.6205 | | | |
| B: resoluutio | 1 | 0.2496002 | 0.2496002 | 0.04 | 0.860779 | 0.052227 |
| AB | 3 | 20.54307 | 6.84769 | | | |
| C: aset | 1 | 6.834826 | 6.834826 | 1.75 | 0.277379 | 0.157152 |
| AC | 3 | 11.69903 | 3.899676 | | | |
| BC | 1 | 0.4092161 | 0.4092161 | 0.01 | 0.941472 | 0.050388 |
| ABC | 3 | 193.1186 | 64.37286 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 15 | 609.7157 | | | | |
| Total | 16 | | | | | |

* Term significant at alpha = 0.05

| Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments | | | | | | |
|--|----|---------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Source | DF | F-Ratio | Regular Prob Level | Lower Bound Epsilon Prob Level | Geisser Greenhouse Epsilon Prob Level | Huynh Feldt Epsilon Prob Level |
| Term | | | | | | |
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 0.04 | 0.860779 | 0.860779 | 0.860779 | 0.860779 |
| AB | 3 | | | | | |
| C: aset | 1 | 1.75 | 0.277379 | 0.277379 | 0.277379 | 0.277379 |
| AC | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 0.01 | 0.941472 | 0.941472 | 0.941472 | 0.941472 |
| ABC | 3 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

| Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section | | | | | | |
|--|----|---------|----------------------------|--|---|--|
| Source | DF | F-Ratio | Regular Power (Alpha=0.05) | Lower Bound Epsilon Power (Alpha=0.05) | Geisser Greenhouse Epsilon Power (Alpha=0.05) | Huynh Feldt Epsilon Power (Alpha=0.05) |
| Term | | | | | | |
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: resoluutio | 1 | 0.04 | 0.052227 | 0.052227 | 0.052227 | 0.052227 |
| AB | 3 | | | | | |
| C: aset | 1 | 1.75 | 0.157152 | 0.157152 | 0.157152 | 0.157152 |
| AC | 3 | | | | | |
| BC | 1 | 0.01 | 0.050388 | 0.050388 | 0.050388 | 0.050388 |
| ABC | 3 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source | Lower Bound | Geisser Greenhouse | Huynh Feldt | Mauchly Test | Chi2 Value | DF | Prob Level | Covariance Matrix Circularity? |
|--------|-------------|--------------------|-------------|--------------|------------|-----|------------|--------------------------------|
| Term | Epsilon | Epsilon | Epsilon | Statistic | | | | |
| AB | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| AC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |
| ABC | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 0.0 | 0.0 | 1.000000 | Okay |

Note: Mauchly's statistic actually tests the more restrictive assumption that the pooled covariance matrix has compound symmetry.

Artikkelien hankalalukuisuus

Repeated Measures ANOVA Report

Analysis of Variance Table

| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F-Ratio | Prob Level | Power (Alpha=0.05) |
|------------------|----|----------------|-------------|---------|------------|--------------------|
| Term | | | | | | |
| A: henkilo | 3 | 0.296982 | 0.098994 | | | |
| B: asetelma | 3 | 4.989533 | 1.663178 | 2.38 | 0.137124 | 0.415898 |
| AB | 9 | 6.283942 | 0.6982158 | | | |
| S | 0 | | | | | |
| Total (Adjusted) | 15 | 11.57046 | | | | |
| Total | 16 | | | | | |

* Term significant at alpha = 0.05

Probability Levels for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments

| Source | DF | F-Ratio | Regular Prob Level | Lower Bound Epsilon Prob Level | Geisser Greenhouse Epsilon Prob Level | Huynh Feldt Epsilon Prob Level |
|-------------|----|---------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Term | | | | | | |
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 2.38 | 0.137124 | 0.220424 | 0.195716 | 0.149203 |
| AB | 9 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Power Values for F-Tests with Geisser-Greenhouse Adjustments Section

| Source | DF | F-Ratio | Regular Power (Alpha=0.05) | Lower Bound Epsilon Power (Alpha=0.05) | Geisser Greenhouse Epsilon Power (Alpha=0.05) | Huynh Feldt Epsilon Power (Alpha=0.05) |
|-------------|----|---------|----------------------------|--|---|--|
| Term | | | | | | |
| A: henkilo | 3 | | | | | |
| B: asetelma | 3 | 2.38 | 0.415898 | 0.194992 | 0.254376 | 0.379101 |
| AB | 9 | | | | | |
| S | 0 | | | | | |

Covariance Matrix Circularity Section

| Source | Lower Bound | Geisser Greenhouse | Huynh Feldt | Mauchly Test | Chi2 Value | DF | Prob Level | Covariance Matrix Circularity? |
|--------|-------------|--------------------|-------------|--------------|------------|-----|------------|--------------------------------|
| Term | Epsilon | Epsilon | Epsilon | Statistic | | | | |
| AB | 0.333333 | 0.497477 | 0.877732 | 0.052125 | 5.1 | 5.0 | 0.405278 | Okay |